

PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
COLLECTION DES THÈSES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
SCIENCES NATURELLES

PREMIERE THESE :

Étude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales

DEUXIEME THESE :

Application des méthodes d'immunoélectrophorèse à la biologie et à la chimiotaxinomie des Algues

*présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy
pour obtenir le grade de Docteur ès-Sciences Naturelles*

par

Jean-François PIERRE

Assistant à la Faculté des Sciences

soutenues le 10 octobre 1968 devant la Commission d'Examen

JURY :

MM. WERNER R.-G.
MANGENOT F.
VILLERET S.
BOURRELLY P.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555002_0055

PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
COLLECTION DES THÈSES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
SCIENCES NATURELLES

PREMIERE THESE :

Étude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales

DEUXIEME THESE :

Application des méthodes d'immunoélectrophorèse à la biologie et à la chimiotaxinomie des Algues

*présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy
pour obtenir le grade de Docteur ès-Sciences Naturelles*

par

Jean-François PIERRE

Assistant à la Faculté des Sciences

soutenues le 10 octobre 1968 devant la Commission d'Examen

JURY :

MM. WERNER R.-G.
MANGENOT F.
VILLERET S.
BOURRELLY P.



Doyen : M. AUBRY

Assesseur : M. GAY

Doyens Honoraires : MM. CORNUBERT, DELSARTE, ROUBAULT

Professeurs Honoraires : MM. RAYBAUD, LAFFITTE, LERAY, JOLY, LAPORTE, EICHHORN, GODEMENT, DUBREUIL, L. SCHWARTZ, DIEUDONNÉ, DE MALLEMANN, LONGCHAMON, LETORT, DODE, GAUTHIER, GOUDET, OLMER, CORNUBERT. CHAPPELLE, GUÉRIN, WAHL.

Maîtres de Conférences Honoraires : MM. LIENHART, PIERRET, M^{lle} MATHIEU.

Professeurs :

MM.		MM.	
DELSARTE	Analyse supérieure	MANGENOT	Botanique
ROUBAULT	Géologie	GAYET	Physiologie
CAPELLE	Mécanique rationnelle	HADNI	Physique
VEILLET	Biologie animale	* BASTICK	Chimie
BARRIOL	Chimie théorique	DUCHAUFOUR	Pédologie
BIZETTE	Physique	GARNIER	Agronomie
GUILLIEN	Electronique	NEEL	Chimie Organ. Indust.
GIBERT	Chimie physique	BERNARD	Géologie Appliquée
LEGRAS	Mécanique rationnelle	* CHAMPIER	Physique
BOLFA	Minéralogie	* GAY	Chimie Biologique
NICLAUSE	Chimie	STEPHAN	Zoologie
FAIVRE	Physique appliquée	* CONDÉ	Zoologie
AUBRY	Chimie minérale	* WERNER	Botanique
COPPENS	Radiogéologie	EYMARD	Calcul Dif. et Intég.
DUVAL	Chimie	LEVISALLES	Chimie organique
FRUHLING	Physique	M ^{me} HERVÉ	Méthodes Mathém. de la physique
HILLY	Géologie	FELDEN	Physique
LE GOFF	Génie Chimique	* GOSSE	Mécanique physique
SUHNER	Physique Expérimentale	* DAVOINE	Physique (ENSMIN)
CHAPON	Chimie Biologique	HORN	Physique (1 ^{er} Cycle)
HÉROLD	Chimie Minér. Indust.	* ROCCI	Géologie
SCHWARTZ B.	Exploitation Minière	M ^{me} LUMER	Mathématiques
* MALAPRADE	Chimie	N...	Chimie Biologique
		N...	Mécanique appliquée

* Professeur titulaire à titre personnel.

Maîtres de Conférences :

M ^{me} BASTICK	Chimie P.C. Epinal	MAINARD	Physique M.P.
MM.		CACHAN	Entom. appliq. (ENSA)
GUDEFIN	Physique	MARTIN	Chimie P.C.
VUILLAUME	Psychophysiologie	PAULMIER	Mécanique Expériment.
FRENTZ	Biologie animale	PROTAS	Minéralogie
MARI	Chimie (I.S.I.N.)	JOZEFOWICZ	Physico-chimie
AUROUZE	Géologie	JURAIN	Géologie C.B.G.
DEVIOT	Physique du solide	RIVAIL	Chimie appliq. (CUCES)
FLÉCHON	Physique P.C.	VILLERMAUX	Génie chimique
M ^{lle} HUET	Mathématiques C.B.G.	METCHE	Biochimie appl. (bras.)
VIGNES	Métallurgie	PAIR	Mathématiques appliq.
BALESSENT	Thermodynam. chim. appliquée (E.N.S.I.C.)	BAUMANN	Physique 1 ^{er} Cycle
BLAZY	Minéral. appliq. (ENSG)	DURAND	Physique
JANOT	Physique P.C. Epinal	GRANGE	Physique (I.S.I.N.)
JACQUIN	Pédol. et Chim. agr.	DEPAIX	Probabilités et Statist.
N...	Mécan. fluides (I.S.I.N.)	N...	Mathématiques C.B.G.
N...	Mécanique (I.S.I.N.)	N...	Physiologie animale
N...	Mathématiques	N...	Mathématiques M.P.
N...	Mathématiques P.C.	N...	exploit. min. (ENSMIM)

Secrétaire Principal : M. CARON

AVANT-PROPOS

L'Etude de la Systématique et de l'Ecologie des Algues d'eau douce constitue un domaine de recherches particulièrement délicat, et nous n'aurions pu mener ce travail à son terme sans l'aide et les conseils de Maîtres hautement qualifiés que nous prenons plaisir à remercier ici.

Je dois une reconnaissance toute particulière à M. le Professeur R.-G. WERNER pour m'avoir accueilli dans son laboratoire. Sous sa conduite éclairée, j'ai entrepris l'étude hydrobiologique de la Meurthe, et sa bienveillante compréhension m'a permis d'ajouter aux satisfactions intellectuelles de la recherche l'enrichissement profond de l'enseignement.

J'exprime à M. le Professeur F. MANGENOT ma très sincère gratitude pour l'intérêt qu'il a toujours bien voulu porter à mes travaux. Ses suggestions avisées me furent toujours très profitables et je lui sais gré d'avoir accepté de participer à ce Jury.

Ma très vive reconnaissance s'adresse à M. le Professeur S. VILLERET, spécialiste en la matière et auprès de qui j'ai toujours rencontré, lorsque je le visitais en son laboratoire de la Faculté des Sciences de Rennes, un accueil chaleureux ainsi qu'une source de conseils rendus plus précieux par sa haute culture.

Je remercie vivement M. P. BOURRELLY, Sous-Directeur au Museum National d'Histoire Naturelle, qui m'honore en faisant partie de ce Jury. Algologue de grande renommée, il savait se distraire de ses lourdes tâches et trouver, pour recevoir le chercheur débutant que j'étais, une patience et une simplicité qui rendaient plus riches encore son aide et ses encouragements.

Ceux qui l'ont connu savent pourquoi il m'est agréable aujourd'hui d'évoquer la mémoire du regretté E. MANGUIN. Diatomiste de réputation universelle, il a su, malgré la terrible maladie qui devait l'emporter quelques années plus tard, sacrifier son temps pour me transmettre une partie de son vaste savoir ainsi que sa passion pour le monde des Diatomées.

Je remercie également M. NOISETTE, Directeur de l'Institut de Recherches hydrologiques de Nancy pour l'aide qu'il m'a apportée dans le domaine de la chimie des eaux.

Que mes Collègues et Amis des différentes disciplines scientifiques que j'ai mis à contribution, que tous ceux qui m'ont aidé de leur savoir ou de leur amitié, trouvent ici leur part de ma gratitude.

SOMMAIRE

	Page
Introduction	5
I. Etude du Milieu : Hydrologie de la Meurthe	9
I. 1. Etude descriptive de la Meurthe et des stations de récolte	11
I. 1. 1. Données générales sur le Bassin de la Meurthe	11
a) Aperçus géologiques	11
b) Climat	12
c) Hydrographie et hydrologie	13
I. 1. 2. Les stations de récolte	15
I. 2. Essais des eaux	20
I. 2. 1. Résultats des analyses physico-chimiques	20
I. 2. 2. Interprétation et discussion	22
I. 3. Conclusion	26
II. Etude de la végétation algale de la Meurthe	29
II. 1. Systématique de la flore algale	34
II. 1. 1. Les Algues non siliceuses	35
II. 1. 2. Les Diatomées	36
II. 1. 3. La florule diatomique dans les différentes stations	47
II. 2. La communauté algale	54
II. 2. 1. Analyse du peuplement diatomique de la Meurthe	54
II. 2. 2. Les associations algales	60
II. 2. 3. Comparaison des relevés de populations	64
II. 3. Dynamique des populations diatomiques de la Meurthe	67
II. 3. 1. Périodicité du développement des Diatomées	67
II. 3. 2. Distribution horizontale des Diatomées	73
a) Ensemble de la Meurthe	73
b) Comportement de quelques genres	77
II. 4. Conclusion	83
III. Autoécologie des Diatomées de la Meurthe	89
III. 1. Etude générale	91
III. 1. 1. Le système des Saprobies	92
III. 1. 2. Le système des Halobies	99
III. 1. 3. Influence du pH des eaux	109
III. 1. 4. Répartition géographique	112
III. 2. Discussion de cas particuliers	114
III. 2. 1. Exemples	114
III. 2. 2. Interprétation	116
III. 3. Conclusion	119
Résumé et conclusions générales	123
Résumés anglais et allemand	126
Liste systématique générale des Algues recueillies dans la Meurthe	129
Bibliographie	141

INTRODUCTION

L'étude des Algues d'eau douce a fait l'objet d'importants travaux, tant en France que dans les pays étrangers, mais la plupart de ces recherches concernaient les formations d'eaux closes. Les rares études consacrées aux milieux d'eaux courantes ne s'adressaient le plus souvent qu'à une portion limitée d'un cours d'eau.

En France, les recherches algologiques furent toujours nombreuses, mais peu d'Auteurs s'occupèrent de façon approfondie des eaux courantes : signalons, dans la région saumuroise, les études sur la Loire de J. LAMBERT DES CILLEULS (1924) et de GERMAIN (1935). Dans des régions plus proches de nous, nous relevons les travaux de WERNER (1966) en Alsace, ceux de SYMOENS (1954, 1957, 1960) sur les cours d'eaux des Ardennes belges et de Lorraine septentrionale. Pour mémoire, nous citerons les études sur les Algues des eaux courantes entreprises au Luxembourg septentrional, en Belgique et en Allemagne du Nord par CONRAD (1954), KUFFERATH (1914), VAN MEEL (1958 et suiv.) et HUSTEDT (1957).

Pour l'ensemble de la Lorraine, il n'existe qu'un nombre très limité de travaux algologiques, dont nous avons, par ailleurs, fait l'inventaire (PIERRE 1966). Nous nous sommes attaché, dans ce travail, à apporter notre contribution à l'étude des problèmes algologiques régionaux. Nous avons, en 1959, commencé la prospection de quelques stations de la Meurthe en amont de la ville de Nancy (PIERRE, 1962), pour très vite étendre nos recherches à l'ensemble de la rivière. Dès ce moment, nous nous étions fixé un double but : d'une part, établir le relevé systématique des Algues de cette région, et, d'autre part, étudier le comportement du phytoplancton des eaux courantes. Dans cette optique, le choix de notre sujet d'étude présentait des particularités intéressantes : la Meurthe est une rivière de bassin versant bien délimité, de dimension relativement modeste puisque son cours ne représente que 163,7 km., et offrant des milieux très variés, depuis la partie torrentielle de ses sources jusqu'à l'aspect de maturité de son cours inférieur. Comme l'on passe de la montagne à la plaine, à des eaux vives et pures succèdent vers l'aval des eaux fortement souillées, à la fois par des pollutions organiques et minérales, naturelles ou artificielles.

Nous avons consacré une première partie de notre travail à l'étude de la rivière, en tant que milieu où se développent les Algues, et au relevé systématique des espèces composant le plancton. Dans une seconde partie, nous avons abordé l'étude de ce matériel sous un aspect écologique, en nous efforçant de mettre en évidence les relations susceptibles d'exister entre la nature du milieu et la composition de la communauté algale se développant dans les stations.

L'étude, à la fois pratique et de compilation, de l'écologie particulière de chaque espèce, nous a permis de dresser le spectre écologique des Algues de la Meurthe. Par un nombre suffisamment élevé de prélèvements, il nous a été possible d'analyser l'ensemble des populations algales et d'en suivre le comportement dynamique.

Nous avons apporté une attention spéciale à la distribution, dans le cours de la Meurthe, des populations diatomiques. Reposant sur nos recherches systématiques et complétée de nos résultats écologiques, la distribution de ces Algues sera la synthèse rassemblant les enseignements découlant de l'observation du comportement du phytoplancton d'une rivière en fonction des variations de milieu apparues entre la source et le confluent.

*
**

L'étude des milieux d'eaux courantes présente de nombreuses difficultés inhérentes à la nature même de ces milieux, ce qui explique en partie le manque de renseignements mis à la disposition des chercheurs. L'une de ces difficultés résulte de l'effet de chasse apparaissant à la suite des crues, et qui ajoute à l'action traumatisante d'un courant trop violent un entraînement des organismes, même ceux normalement fixés, et éventuellement une action mécanique sur le substrat avec mise en suspension des vases et parfois remaniement des fonds. Il est possible d'attribuer à cet effet de chasse la découverte d'espèces dans des stations d'aval.

De même, les mécanismes d'accumulation de substances nutritives, très fréquemment décrits dans les collections d'eaux closes, n'apparaissent pas en eau courante, ce qui ne permet pas de leur imputer les phénomènes de périodicité du développement des Algues. Dans une étude distincte consacrée à l'évolution du phytoplancton d'une station de la Meurthe, nous avons montré (PIERRE, 1968 a) que l'inégalité du

développement de la florule diatomique apparue au cours d'une année ne pouvait, dans ce cas précis, être rapportée à de tels mécanismes d'accumulation.

*
**

Nous étions conscient, en nous engageant dans ce domaine de recherche, des difficultés que nous allions rencontrer. Grâce à l'aide de nos Maîtres, il nous a été possible d'augmenter de notre modeste contribution l'état des connaissances sur le comportement des Algues en milieu d'eau courante. Etabli à partir d'observations réalisées sur le terrain, ce travail est sans doute bien incomplet, mais nous serions récompensé de nos efforts s'il pouvait inciter d'autres chercheurs à poursuivre l'étude de la biologie et de l'écologie du phytoplancton des cours d'eau.

I

ÉTUDE DU MILIEU :
HYDROLOGIE DE LA MEURTHE

I. 1. — ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA MEURTHE ET DES STATIONS DE RÉCOLTE

I. 1. 1. — Données générales sur le Bassin de la Meurthe

Le Bassin de la Meurthe, objet de nos investigations, s'étend sur une partie du Massif Vosgien et déborde ensuite sur la région Est du Bassin de Paris, plus spécialement sur cette zone drainée par la Meurthe, la Seille, la Sarre, et appelée Plateau Oriental.

Le Massif Vosgien, formé de montagnes au relief usé, culmine dans notre région à 1362 mètres, au sommet du Hohneck. Son versant occidental est entaillé de grandes vallées portant souvent encore la trace des dernières glaciations. Sur ce massif s'appuie la bordure du Plateau Oriental. Celui-ci, dont l'altitude varie entre 300 et 400 m., est formé d'un complexe de côtes dont aucune ne forme de relief continu.

a) *Aperçus géologiques*

Le Massif Vosgien est un affleurement de la vieille chaîne hercynienne formant le tréfonds de notre région. Il est composé essentiellement d'une masse intrusive de granite et de gneiss, et d'une vaste formation gréseuse datant principalement du Carbonifère. C'est dans les granites porphyroïdes des Vosges Centrales que la Meurthe prend sa source, ensuite elle traverse vers le Nord puis le Nord-Ouest, les grès vosgiens et les auréoles externes du Bassin de Paris. Ce dernier débute par les affleurements de la couverture sédimentaire qui repose en discordance sur le socle hercynien.

Le Bassin de Saint-Dié est formé d'une sédimentation détritique grossière d'argile et de grès. Le Trias commence en aval par une sédimentation détritique d'argile et de grès, se poursuivant par des dépôts plus fins de calcaires, argiles et marnes appartenant au Lias et au Jurassique. Cette série s'arrête, dans la région étudiée, aux bancs de calcaires et marnes du Bajocien.

Le quaternaire se révèle par des dépôts détritiques (les alluvions anciennes), constitués de nappes alluviales formant des rubans le long des grandes vallées. Ce sont des accumulations à faciès fluvio-glaciaire, prenant la forme de cailloutis sur lesquels les crues actuelles déposent les limons et les argiles des alluvions modernes.

Les alluvions anciennes, formations siliceuses de plusieurs mètres d'épaisseur, forment le fond du lit de la Meurthe ; leur importance justifie l'installation de gravières, comme c'est le cas en amont de la station de Chenevières, ou en aval de celle du Pont Varroy.

La Meurthe traverse, sur une petite partie de son cours, le gisement salifère lorrain (carte page 17). Celui-ci, un des plus importants du Monde, s'allonge sur 70 km, entre la Moselle et la Sarre, suivant un axe principal Sud-Ouest - Nord-Est, de Tonnoy à Sarralbe. (MAUBEUGE, 1950, 1962, 1963). Ce gisement comprend deux niveaux distincts :

- le plus récent est situé dans les marnes irisées, ou Keuper, terminant le Trias. Il renferme, en plusieurs faisceaux, de 60 à 75 mètres de sel pur.

- le deuxième niveau, plus ancien, appelé Groupe de l'Anhydrite, fait partie du Muschelkalk, ou Trias Moyen. Les bancs de sel gemme y sont beaucoup moins épais.

Les couches de sel n'affleurent nulle part ; à une certaine distance sous la surface du sol, les eaux d'infiltration les atteignent, les dissolvent et donnent ainsi naissance à des nappes souterraines saturées en sel. Ces formations se manifestent en surface par des sources salées, connues depuis longtemps dans la région et qui très tôt donnèrent lieu à des exploitations artisanales.

Coulant sur des fonds d'alluvions siliceuses isolant l'eau des terrains sous-jacents, la Meurthe se chargera peu en sels minéraux, et conservera l'empreinte des terrains où elle a pris naissance. La traversée du gisement salifère lorrain sera marquée par un accroissement limité du taux des chlorures, à la suite d'apports de saumure par des sources d'eau salée ou par des résurgences d'eau saumâtre dans le lit de la rivière ou de certains de ses affluents. C'est ainsi que l'on relève 98 g/l de chlorure de sodium dans les eaux de la reculée « Aubé » de la Meurthe. Des résurgences existant dans le lit du Sânon, affluent de la rive droite, laissent échapper des eaux contenant de 80 à 125 grammes de sel par litre. Au niveau de Sommerviller, nous avons noté dans les eaux de ce tributaire de 130 à 175 mg/l d'ions chlore.

b) *Le Climat*

Les mesures, tout comme les observations populaires, reconnaissent l'irrégularité du climat lorrain.

La température moyenne annuelle est, à Nancy, de 9,3° C, avec un écart de 18° C entre les moyennes de janvier et de juillet. Les écarts entre les extrêmes absolus atteignent environ 55° C. Les vents dominants sont ceux d'Ouest et de Nord-Ouest. L'élévation en altitude du Plateau Oriental, ainsi que la barrière vosgienne, déterminent des précipitations abondantes : 800 mm de pluie pour environ 120 jours de précipitation par an à Nancy, plus de 1500 mm et 160 jours de pluie par an sur le sommet des Vosges centrales.

Le climat lorrain est un ensemble complexe, et nous pouvons dire, en simplifiant, qu'il s'agit d'un climat de type continental tempéré, fortement atténué par l'ouverture de la Lorraine au flux océanique d'Ouest.

c) Hydrographie et Hydrologie

La Meurthe prend sa source dans le massif du Hohneck, à une altitude de 1185 m. Son cours se déroule sur 163,7 km., pour un bassin versant total de 2.940 km². Elle se jette dans la Moselle entre Frouard et Custines, à la cote 184,9 m.

De sa source jusqu'à Saint-Dié, la Meurthe présente un caractère torrentiel, avec une pente moyenne de 18 ‰ pour un cours d'environ 40 km. En aval de Saint-Dié, au contraire, elle offre un aspect de rivière parvenue à l'état de maturité, passant de l'altitude de 340 m. à celle de 184,9 m. à son confluent, cela pour un cours de 125 km. environ, soit avec une pente moyenne de 1,3 ‰. (Fig. 1, p. 14.)

Le régime de la Meurthe est sous la dépendance directe des précipitations, pluviales ou nivales. Les débits les plus importants seront ainsi observés entre la mi-automne et le milieu du printemps, le volume d'eau en période de hautes eaux pouvant être de 20 fois et plus supérieur au débit d'étiage, cela dans les conditions moyennes de la période étudiée. Le régime de la Meurthe s'apparente ainsi à un régime à peine complexe, de type pluvio-nival océanique. Le débit maximum de crue observé lors des inondations de 1947 fut estimé à 6 ou 7 millions de m³/h., provenant pour la majeure partie de précipitations ininterrompues auxquelles s'ajouta une fonte de neige précoce dans le Massif Vosgien. Ce chiffre est de loin supérieur à ceux que nous avons pu relever au cours de notre période d'études, où le volume du flot ne dépassa pas 230.000 m³/h.

Les périodes d'étiage se marquent par une diminution de l'aire de la section mouillée ; il en résulte très souvent une exondation des rives

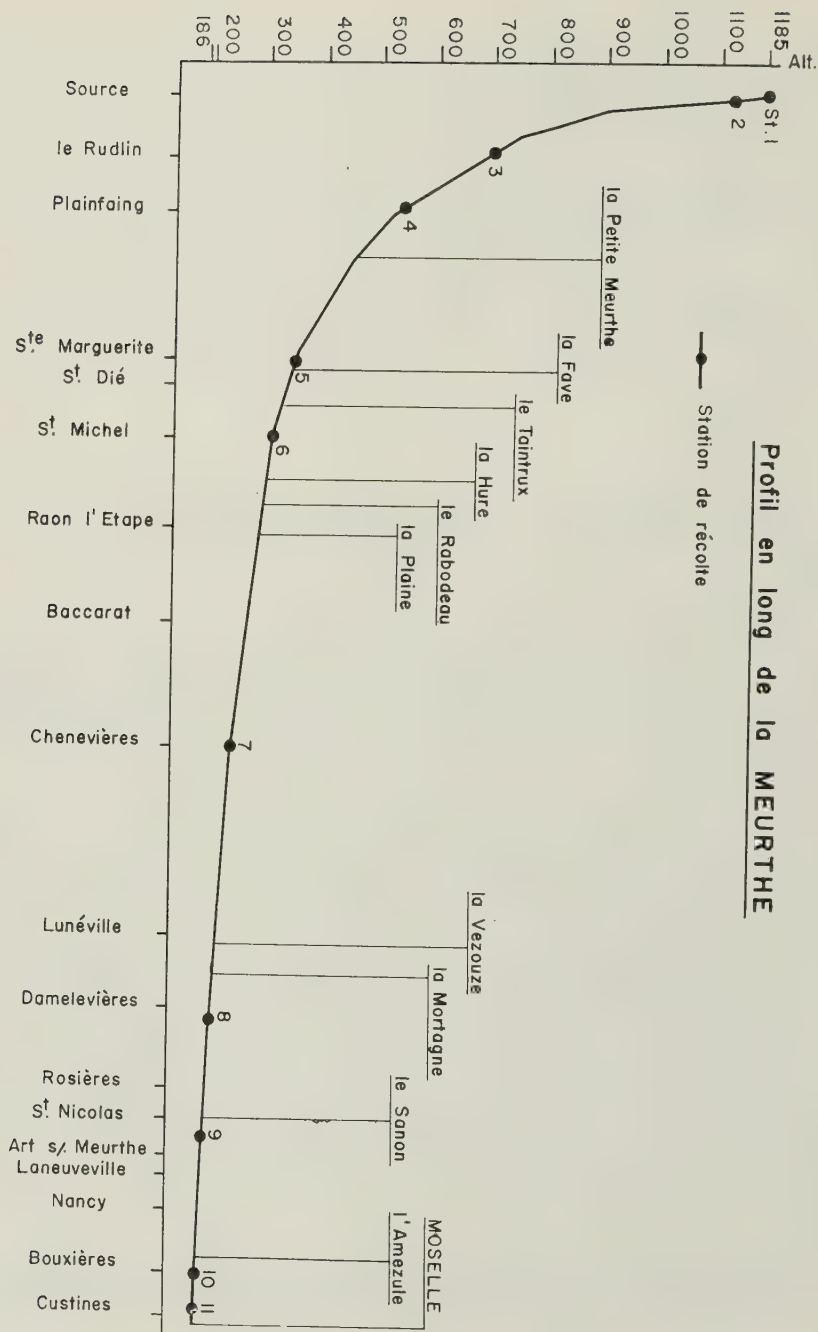


Fig. 1. — Profil en long de la Meurthe

ou d'une partie du lit de la rivière, mais les eaux restent cependant animées d'un courant sensible, de l'ordre de 1 m/s. en amont de Nancy. Lors des crues, la vitesse du courant peut atteindre 3 m/s., couvrant la distance Saint-Dié-Nancy en un peu plus de 10 heures.

I. 1. 2. — Les stations de récolte

En nous appuyant sur les résultats de nos premières recherches, nous avons sélectionné un certain nombre de stations de récolte, distribuées au long du cours de la Meurthe et susceptibles de nous fournir, avec une approximation satisfaisante, un aperçu complet de la microflore algale de ce cours d'eau.

La nécessité d'un accès commode à la station nous a, en partie, guidé dans notre choix : cela nous permettait, en effet, de mener à bien certains dosages ou mesures sur place, et de visiter la totalité des stations au cours de la même journée.

Nos premiers travaux nous avaient également conduit à mettre en évidence l'existence de pollutions, en particulier minérales, impliquant l'implantation d'une station de récolte. La disposition des berges, leur nature, l'importance du courant, la nature du fond, etc., influèrent aussi sur notre choix.

Nous avons, à partir de ces données, retenu 11 points de prélèvement, qui par la suite s'avérèrent correspondre aux divisions hydrologiques de la Meurthe :

- 5 stations entre la source et Saint-Dié (cours supérieur)
- 3 stations entre Saint-Dié et la zone du sel (cours moyen)
- 3 stations dans le cours inférieur, couvrant les principales zones de pollutions.

Descriptions des stations de récolte

Dans le but de permettre un repérage aisé et précis de nos stations, nous leur avons donné un numéro d'ordre, de St. 1 à St. 11, et un nom dérivé le plus souvent de celui de la localité la plus proche. Ensuite, sont relevés le numéro et le nom de la feuille issue de la carte topographique au 1/50.000^e, type 1922, correspondant à la région étudiée, ainsi que les coordonnées Lambert, et l'altitude au niveau de l'eau,

relevée sur les profils en long dressés par le Service du Nivellement général de la France entre 1934 et 1937, et mis à jour en 1964-65. La distance à la Moselle (D.M.) est également précisée.

Première station : St. 1 — La source.

Feuille XXXVI-19, Munster, 485/501, altitude 1185, D.M. 163,7 km.

Les eaux de ruissellement du flanc ouest du massif du Hohneck donnent naissance à plusieurs cours d'eau : Moselotte, Vologne et Meurthe. A la suite de la création de la route stratégique aujourd'hui connue sous le nom de « route des Crêtes » (R.N. 430), cette région s'est trouvée bouleversée et depuis lors Meurthe et Vologne surgissent pratiquement du remblai de cette voie.

Deux ruisselets, disposés comme les branches d'un Y se rejoignent à une centaine de mètres en aval de la route et forment la Meurthe. La branche sud est considérée comme étant la source principale. L'usage du filet à plancton, les raclages de rochers et les expressions de Sphaignes nous ont procuré un abondant matériel. Des éboulements et des remaniements fréquents du remblai affectant souvent la source même, nous avons préféré recueillir le plancton à quelques dizaines de mètres en aval, dans une zone d'accès plus difficile, mais de ce fait beaucoup moins troublée.

Deuxième station : St. 2 — Le Collet

Feuille XXXVI-19, Munster, 483/502, alt. 1118,1, D.M. 163,5 km.

Entre la Schlucht et le Collet, la Meurthe traverse par un aqueduc souterrain la route R.N. 417. C'est maintenant un petit ruisseau à cours torrentiel, coulant sous un couvert dense en une succession de rapides et de cascades. Nous avons fait nos prélèvements au-dessus de la route, juste à l'entrée du tunnel.

Troisième station : St. 3 — Etang des Dames-Le Rudlin.

Feuille XXXVI-18 Gérardmer, 502/574, alt. 700, D.M. 155,2 km.

L'étang des Dames, au Rudlin, est une pièce d'eau d'une superficie d'environ un hectare, entourée de prairies. Le fond sablonneux, riche en débris végétaux apportés par le courant, est dépourvu de végé-

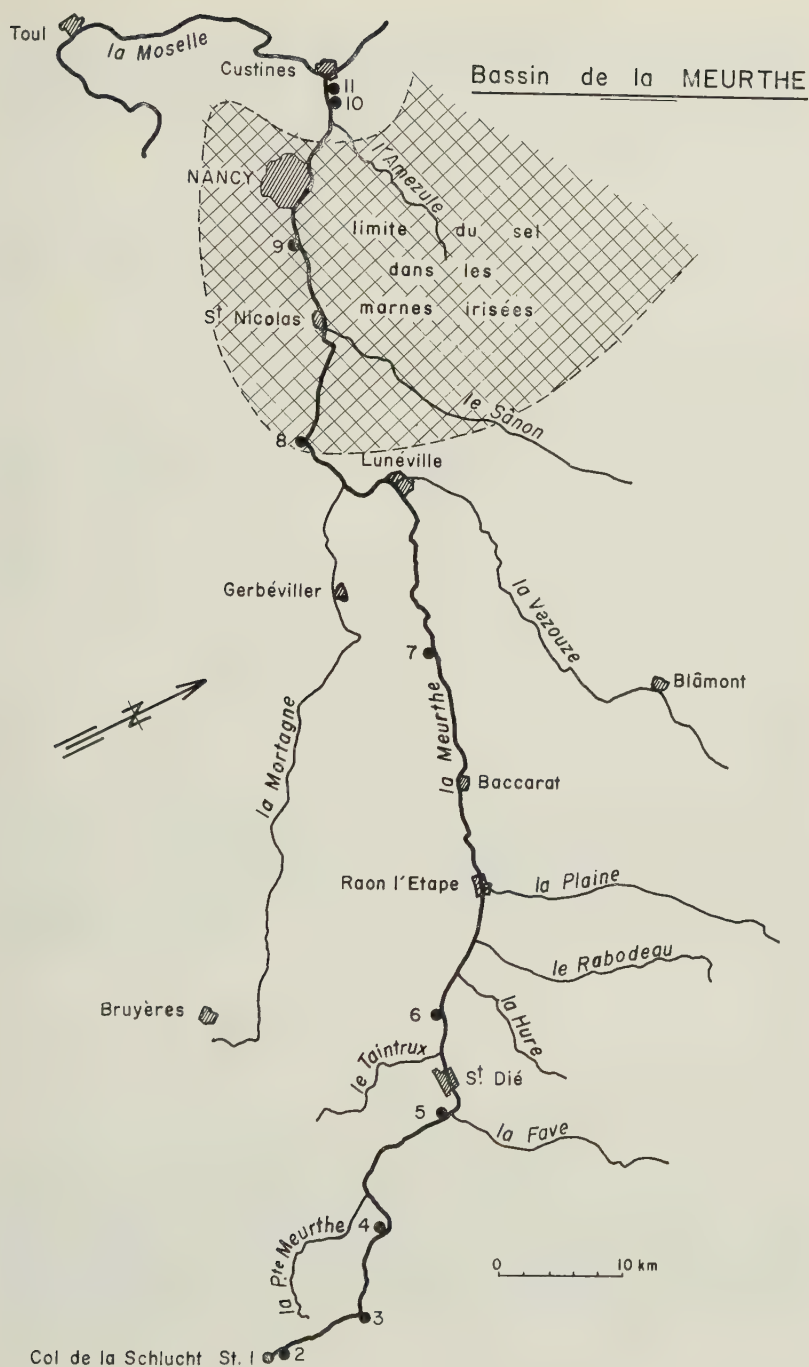


Fig. 2. — Hydrographie de la Meurthe. Localisation des stations

tation aquatique. Cet étang se couvre en hiver d'une épaisse couche de glace sous laquelle l'eau reste libre et s'écoule. Le trop-plein s'échappe par un déversoir où nous avons pu faire des récoltes en toute saison. Des Sphaignes prospèrent entre les ruisselets et leur eau d'expression nous a livré de nombreuses Algues.

Nous avons complété nos prélèvements par des sondages effectués sur la rive droite, quelques dizaines de mètres en amont du déversoir.

Quatrième station : St. 4 — Plainfaing.

Feuille XXXVI-18 Gérardmer, 476/628, alt. 540,1, D.M. 147,65 km.

Cette station se situe sur la rive gauche de la Meurthe, au niveau de l'usine de tissage de Plainfaing. Le lit de la rivière est encombré de rocailles et de gros blocs créant des remous et des rapides nuisibles à la fixation des organismes aquatiques. Ces blocs formant pavage hydraulique stabilisent le lit et dans leur sillage, ici et là, se trouvent des emplacements protégés du courant et favorables aux prélèvements.

Cinquième station : St. 5 — Sainte-Marguerite.

Feuille XXXVI-17 Saint-Dié, 444/737, alt. 353,4, D.M. 128,3 km.

A la sortie de l'agglomération de Sainte-Marguerite la route se dirigeant vers Saint-Dié (R.N. 59) coupe le cours de la Meurthe par un pont. En amont de celui-ci la rivière forme quelques anses peu profondes dont le fond est tapissé d'Elodées, de Renoncules, et de gros coussins foncés, vert-bleuté, composés presque exclusivement d'Oscillaires. L'eau, toujours limpide, est renouvelée par un courant lent.

Sixième station : St. 6 — Saint-Michel.

Feuille XXXVI-17 Saint-Dié, 386/797, alt. 311,1 D.M. 117,2 km.

A environ trois kilomètres en aval de Saint-Dié, en quittant la R.N. 59 en direction de Saint-Michel-sur-Meurthe, on franchit la rivière après une cinquantaine de mètres au-delà du carrefour. Notre sixième point de prélèvement se trouve au pied et en amont de ce pont de la D. 32, au bord d'une petite anse où la vitesse du courant est fortement abaissée.

Cette station correspond à une première coupure dans le cours de la Meurthe, qui désormais présentera l'aspect de maturité d'une rivière de plaine. A partir de cette station, les eaux seront constamment troubles, n'offrant plus qu'une transparence très limitée.

Septième station : St. 7 — Chenevières.

Feuille XXXV-16 Lunéville, 179/912, alt. 243,7, D.M. 75,7 km.

On s'engage, à la sortie de Chenevières, en direction de Vathiménil. Après franchissement de ruisseaux et de bras morts, la Meurthe est atteinte et traversée par le pont dit « de Chenevières ». En amont de celui-ci et à une cinquantaine de mètres sur la rive gauche, on accède à la rivière. Le fond du lit est vaseux, dépourvu de toute végétation aquatique.

Huitième station : St. 8 — Barrage de Morteau.

Feuille XXXIV-16 Bayon, 974/052, alt. 208,3, D.M. 38,8 km.

Ce barrage, dit de Morteau, interrompt le cours de la Meurthe entre Damelevières et Rosières-aux-Salines, à l'entrée de la rigole d'alimentation du canal de la Marne au Rhin. En amont, les eaux ont un niveau à peu près constant. En aval, au contraire, le niveau très variable suivant les fluctuations du débit de la rivière, découvre plus ou moins des bancs de graviers et de galets sur lesquels courent des eaux agitées. Nous avons procédé à des prélèvements immédiatement en amont du barrage, ainsi qu'en aval lorsque le niveau de l'eau le permettait.

Neuvième station : St. 9 — Pont Varroy.

Feuille XXXIV-15 Nancy, 886/142, alt. 197, D.M. 23,1 km.

Le Pont Varroy permet, entre Laneuveville et Art-sur-Meurthe, la traversée de la Meurthe par la route D. 126. Les récoltes ont été faites sur la rive gauche, à quelques dizaines de mètres en amont du pont. Le lit est couvert de galets sur lesquels se développe une abondante population algale. Il s'y trouve parfois des Algues vertes de grande taille, appartenant aux genres *Cladophora* et *Enteromorpha* (PIERRE 1966).

Dixième station : St. 10 — Bouxières-aux-Dames.

Feuille XXXIV-15 Nancy, 815/233, alt. 188,2, D.M. 5,7 km.

Cette station, comme la suivante, avaient été explorées partiellement par BOSSELER (1961). Nous les avons conservées et y avons fait des prélèvements aux périodes non encore étudiées.

A l'entrée de Bouxières-aux-Dames, un pont franchit la Meurthe et un chemin de terre, longeant la rive droite vers l'amont de la rivière, conduit après une centaine de mètres à la station. Celle-ci présente un courant modéré coulant sur un épais fond de vase putride et noirâtre. L'eau est toujours trouble, brune à noirâtre, charriant de grandes quantités de matières en suspension provenant des égoûts de Nancy et de sa banlieue. Cela se traduit par la présence dans ces eaux polluées, de masses blanchâtres, floconneuses, connues sous le nom de « queue de mouton » et dues à des Champignons et Bactéries spécifiques de ces types d'eaux (*Sphaerotilus natans*, *Leptomitius lacteus*).

Onzième station : St. 11 — Custines.

Feuille XXXIV-15 Nancy, 794/251, alt. 186, D.M. 2,5.

Notre dernière station se situe à Custines, au niveau du château de Clévant, avant la traversée de la ville et le confluent de la Meurthe avec la Moselle. Les eaux sont généralement moins souillées qu'à la station précédente, mais le fond est toujours tapissé de vase. Sur celle-ci, aux époques favorables, on remarque des plaques colorées en brun-jaune d'où se dégagent de nombreuses bulles de gaz, témoignage d'une activité de photosynthèse très intense. L'examen microscopique nous a confirmé que ces formations étaient dues à des rassemblements, en grande quantité, de Diatomées, avec généralement dominance d'un nombre très limité d'espèces.

I. 2. — ESSAIS DES EAUX

I. 2. 1. — Résultats

Il n'est plus possible actuellement de concevoir l'étude du phyto-plancton disjointe de celle des caractéristiques physiques et chimiques du milieu où celui-ci se développe. Aussi, dès nos premières récoltes avons-nous procédé à des prélèvements d'eau que nous avons soumis à l'analyse. Nous avons suivi pour cela les protocoles d'analyse définis

par les normes AFNOR de la série « Essais des eaux ». Les dosages d'oxygène dissous et de phosphates, pour lesquels il n'existait pas de normes, ont été réalisés selon les méthodes classiques, celle de WINKLER pour l'oxygène, et par colorimétrie en présence de molybdate d'ammonium pour les phosphates.

Les teneurs en oxygène, silice (SiO_2) et phosphates P_2O_5) sont exprimées en mg/l.

La dureté totale, les ions Cl^- et NH_4^+ sont donnés en mé/l. Les matières organiques sont exprimées en mé/l d'oxygène emprunté au permanganate à chaud (10 mn) en milieu alcalin.

Les résultats, dont le détail a été publié par ailleurs (PIERRE 1967) sont résumés dans le tableau I sous forme de moyennes calculées.

Le tableau II donne, en fonction de la température de l'eau, le pourcentage de saturation en oxygène dissous dans les différentes stations.

Station :	pH	O ₂	NH ₄ ⁺	matières organ.	dureté	ions Cl ⁻	silice	phosph.
1	6,8	12,7	0,002	0,025	0,12	0	8	0
2	6,8	13,4	0,002	0,008	0,15	0	8	0
3	6,8	13,4	0,006	0,140	0,35	0	6,5	0,25
4	6,9	13,0	0,009	0,228	0,43	0,03	8,5	0,25
5	7,0	12,7	0,009	0,160	0,76	0,05	7,7	0,25
6	7,1	12,1	0,021	0,240	0,90	0,17	10,5	0,50
7	7,1	11,8	0,017	0,379	1,00	0,24	8,6	0,50
8	7,4	12,4	0,021	0,237	2,28	0,48	6,7	0,95
9	7,5	10,9	0,031	0,250	19,27	27,75	6,2	0,95
10	7,4	6,8	0,053	0,225	20,12	24,27	6	1,20
11	7,4	5,6	0,046	0,306	20,57	23,93	6,3	1,20

TABLEAU I : *Caractéristiques physiques et chimiques moyennes des eaux des stations.*

Station :	juil. 1960	janv. 1961	avril 1961	août 1961
1	106	—	96	110
2	112	—	104	119
3	131	86	—	134
4	131	89	127	119
5	122	91	127	122
6	136	88	112	112
7	133	80	—	113
8	148	—	100	119
9	115	—	121	122
10	89	45	94	64
11	85	34	74	40

TABLEAU II : *Pourcentages de saturation en oxygène dissous des eaux des stations.*

I. 2. 2. — Interprétation et discussion des résultats

L'examen des résultats des analyses physico-chimiques des eaux de Meurthe nous permet de compléter les observations que nous avons antérieurement formulées (PIERRE, 1967).

— pH

le pH croît régulièrement d'amont vers l'aval, atteignant un maximum à la station 9 (Pont Varroy), puis s'équilibrant vers l'aval à une valeur légèrement plus basse. Les mesures extrêmes oscillent entre 6,7 et 8. Bien que naissant dans une zone siliceuse, la Meurthe ne présentera jamais de réaction très acide et dans sa partie moyenne et inférieure le pH sera neutre puis nettement basique.

Nous avons mis en évidence le pouvoir tampon des eaux de Meurthe par le procédé classique consistant à ajouter à une quantité donnée d'eau à analyser des volumes croissants de solution acide, puis basique.

Les résultats sont les suivants :

	ml ClH N/100								ml NaOH N/100			
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	
St. 4	2,9	3,1	3,2	3,4	3,8	6,9	9,8	10,3	10,8	11,0	11,1	
St. 7	3,4	4,0	5,1	6,2	6,7	7,3	9,1	9,8	10,2	10,4	10,6	
St. 9	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3	7,6	8,6	9,1	9,4	9,6	9,8	

TABLEAU III : Variation du pH d'un volume de 50 ml d'eau des stations recevant des quantités croissantes de solution acide puis basique.

Les eaux de la Haute-Meurthe apparaissent à peine tamponnées, ce qui est en relation avec leur faible minéralisation. Les eaux de la Moyenne-Meurthe sont déjà beaucoup moins sensibles à l'addition d'acide ou de base, et la Basse-Meurthe est, elle, extrêmement bien tamponnée, par suite de l'abondance des sels calcaires ou calco-magnésiens.

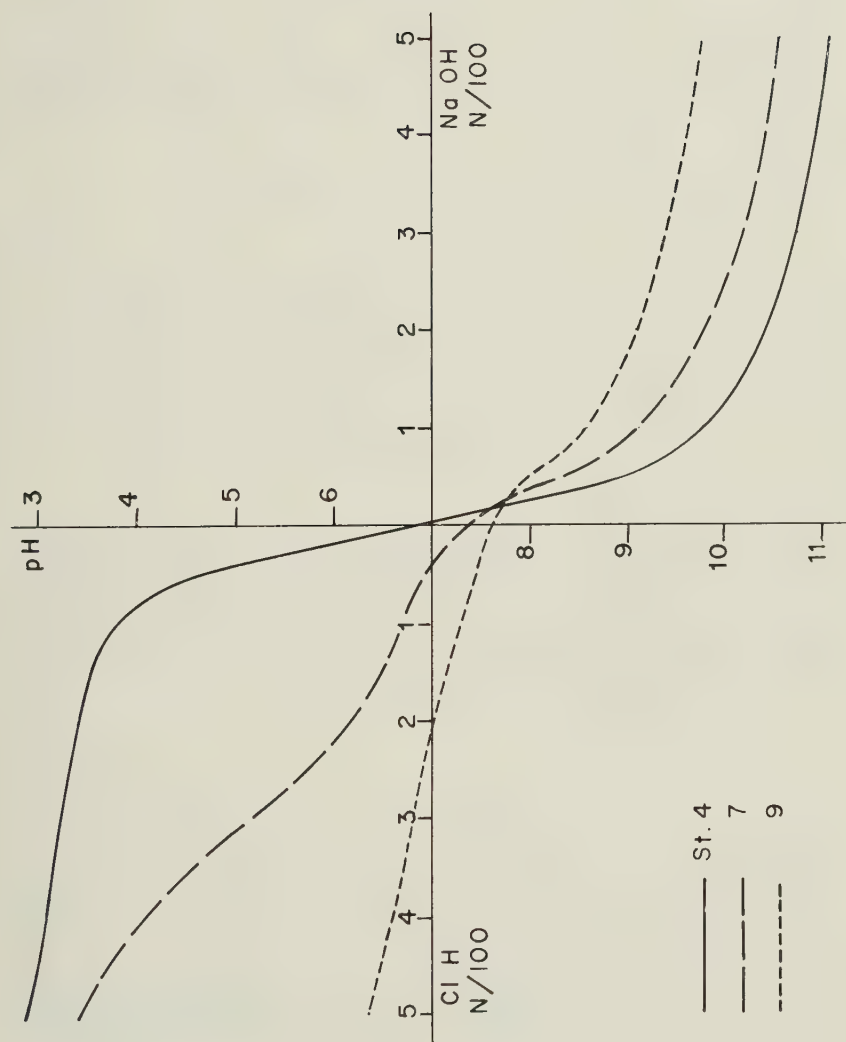


Fig. 3. — Représentation graphique du pouvoir-tampon des eaux de la Meurthe

— Oxygène

La quantité d'oxygène dissous augmente dans les premiers kilomètres du cours de la Meurthe par suite du brassage énergétique de ces eaux torrentielles. Les eaux de la Haute-Meurthe et de la Moyenne-Meurthe, jusqu'à la station 9 incluse, sont toujours bien oxygénées et sursaturées (Tabl. II). C'est le cas lors des prélèvements effectués en juillet 1960, avril et août 1961, où le pourcentage de saturation oscille entre 104 et 148 %, sauf pour la source où il n'est que de 96 % en avril 1961.

Par contre, en hiver, ce pourcentage varie entre 80 et 91 %.

Pour expliquer ce déficit en oxygène, nous pouvons formuler l'hypothèse d'une activité photosynthétique plus faible pendant cette période hivernale, avec comme corollaire une consommation d'O₂ augmentée et une libération plus importante de CO₂, tendant à acidifier le milieu : c'est d'ailleurs pendant cette période que nous avons noté les pH les plus bas (PIERRE 1967). D'autre part, il n'apparaît pas, dans ces stations, de telles teneurs en matières organiques, ou de minéralisation d'ammoniaque, susceptibles d'assurer cet abaissement du taux d'oxygène dissous.

En aval de Nancy, les eaux de la Basse-Meurthe sont constamment déficitaires en oxygène ; les teneurs, voisines de 40 % de saturation en O₂, caractérisent des eaux nettement eutrophes (eutrophie vraie selon DUSSART, 1966), d'autant plus qu'elles s'accompagnent d'une quantité importante de matières organiques.

— Matières organiques.

Les matières organiques existent en quantité croissante d'amont vers l'aval et marquent des pollutions locales : station 4 (traversée de Plainfaing), station 6 (aval de Saint-Dié), station 7, à Chenevières, où la quantité de matières organiques est très importante, ceci en relation possible avec l'existence en amont d'une gravière assurant la remise en suspension des vases.

Comparées aux teneurs relevées dans les stations d'amont, celles trouvées dans le cours inférieur paraissent particulièrement faibles. Ceci s'explique en partie par le fait que les eaux des stations 10 et 11 sont toujours très chargées en matières en suspension, et que celles-ci se déposent très rapidement. Lors des dosages, nous avons utilisé l'eau surnageante, et les matières organiques sédimentées ont échappé au dosage.

L'accroissement de la charge en matières organiques se traduit par la chute de la teneur en oxygène dissous, mécanisme particulièrement net dans les stations en aval de Nancy. L'évolution de la demande biochimique d'oxygène (DBO_5) confirme ce résultat, et la quantité d'oxygène demandée pour l'oxydation des matières organiques croît fortement à partir de l'agglomération nancéienne. HUBAULT (1957) signalait des DBO_5 atteignant 40 mg/l. Nous-même avons trouvé, lors de mesures effectuées à la station de Bouxières, des DBO_5 de 45-50 mg/l. Ces valeurs élevées expliquent que les mécanismes d'auto-épuration n'auront pratiquement pas la possibilité d'intervenir sur les quelques kilomètres restant à parcourir jusqu'au confluent avec la Moselle.

Il n'est pas apparu de relation entre la teneur en matières organiques et les saisons : dans le cas de la Meurthe, en effet, l'apport de substances organiques d'origine végétale susceptibles de se décomposer sur le lit de la rivière est négligeable eu égard aux apports résultant de l'activité humaine.

— Ions NH_4^+

L'ion ammonium provient en particulier de la minéralisation des matières organiques et sa présence massive témoigne d'une souillure. Il est cependant nécessaire de faire la part d'apports possibles par ruissellement, à la suite d'une réduction de nitrates ou de nitrites provenant d'un emploi agricole. Des traces d'ammoniaque apparaissent dès la source en juillet 1960, mais la teneur au confluent avec la Moselle est en moyenne 20 fois plus élevée et rend compte d'une pollution organique.

— Ions Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^-

Nous avons déjà relevé la brutale augmentation du degré hydro-métrique entre les stations 8 et 9 ; il en est de même pour la concentration en ions Cl^- . Ces résultats correspondent à une pollution minérale, dont nous avons précédemment étudié les origines et les conséquences dans le domaine de l'hydrologie (PIERRE 1967), et de la biologie du Phytoplancton (PIERRE, 1962, 1965 a, 1965 b et 1968 a).

— Silice

La teneur en silice des eaux de Meurthe atteint un maximum station 6, puis diminue régulièrement vers l'aval. Elle restera cependant

toujours importante et ne sera jamais un facteur limitant pour le développement du phytoplancton. La rivière conserve, sur tout son cours, l'empreinte des terrains siliceux où elle a pris naissance.

— *Phosphates*

La concentration moyenne en phosphates (exprimés en anhydride phosphorique) croît régulièrement depuis l'amont et témoigne également d'une pollution, en particulier aux stations 10 et 11. Suivant la période de récolte, la quantité de phosphates a varié entre 0 et 2 mg/l en juillet 1960, et entre 0 et 0,4 mg/l en août 1961.

Faible oxygénation, teneur élevée en matières organiques, phosphates et ammoniacque toujours présents, abondance des chlorures, prouvent la pollution organique de certaines stations de la Meurthe, surtout dans le cours inférieur. La pollution minérale est marquée par des concentrations élevées en sels minéraux, principalement chlorures et sels calco-magnésiens.

L'étude plus détaillée d'une station, celle du Pont Varroy, nous a permis de suivre l'évolution au cours d'une année de certains facteurs physiques ou chimiques. Il a ainsi été démontré que les amplitudes de variation du pH étaient très réduites, et que les teneurs en chlorures et en sels calco-magnésiens évoluaient parallèlement. (PIERRE 1967.)

Le volume d'eau débité par la Meurthe joue un rôle important, en diluant la quantité de substances dissoutes présentes. Les périodes de crue se traduisent par la diminution de la teneur en ions Cl^- et du degré hydrotimétrique, les valeurs minimales étant atteintes au début de la période d'étiage.

I. 3. — CONCLUSION

Cette étude hydrologique de la Meurthe, complétant nos résultats acquis antérieurement (PIERRE 1962, 1967), nous a permis de suivre l'évolution de certains facteurs physiques et chimiques de l'eau. Nous avons retenu trois points principaux :

— la composition des eaux est tributaire des variations de débit, elles-mêmes soumises aux influences climatiques.

— l'analyse des eaux décèle l'existence de pollutions minérales et organiques à certains niveaux du cours d'eau.

— les facteurs physiques et chimiques sont soumis à des variations de sens constant, correspondant à la présence d'un gradient établi d'amont vers l'aval.

L'interprétation de ces résultats nous a conduit à reconnaître, dans le cours de la Meurthe, trois régions possédant chacune des propriétés distinctes. Nous distinguons ainsi la Haute-Meurthe, roulant des eaux vives et pures depuis la source jusqu'au niveau de la ville de Saint-Dié, la Moyenne-Meurthe marquée par l'apparition d'une faible souillure, et la Basse-Meurthe, siège d'une pollution importante tant organique que minérale, coulant de Rosières-aux-Salines jusqu'au confluent avec la Moselle.

La comparaison des résultats obtenus dans l'étude de la Meurthe, et de ceux provenant de quelques autres cours d'eau des régions voisines, en Lorraine (in PIERRE 1965), en Alsace (WERNER 1966), dans les régions luxembourgeoises (CONRAD et KUFFERATH 1954) ou belges (SYMOENS 1957, 1960), permet de constater le particularisme certain de la Meurthe. La variété de ses aspects, la richesse locale en sels dissous, sont les responsables principaux de son individualisme.

**ETUDE DE LA VÉGÉTATION ALGALE
DE LA MEURTHE**

Considérée du simple point de vue hydrologique, la Meurthe apparaît comme un vaste collecteur drainant les eaux d'un bassin de quelque trois mille kilomètres carrés. Les précipitations, pour une large part, se rassembleront dans ce collecteur après s'être chargées, au long d'un parcours plus ou moins complexe, de sels minéraux et d'autres substances dissoutes. Les apports dûs à l'Homme s'ajouteront à des niveaux variés, donnant aux différentes stations que nous avons étudiées leur composition physico-chimique caractéristique.

Nous avons justifié la création, à partir de la nature des eaux, de trois zones hydrologiquement distinctes. Il est logique d'attendre de ces différences de caractère des implantations de populations algales différentes par la nature et le nombre des espèces présentes. L'étude de la répartition des Algues dans les stations nous permettra de confirmer, ou s'il y a lieu, d'infirmar, cette proposition.

Nous avons également montré les variations brutales de certains facteurs en des niveaux bien précis du cours d'eau. Ceci est particulièrement net en ce qui concerne les modifications de la teneur en sel, et nous avons recherché les répercussions éventuelles pouvant en résulter sur la composition floristique des populations algales des stations.

Les espèces récoltées dans la Meurthe doivent s'y multiplier et il était nécessaire de rechercher et de préciser les lieux de développement de ces Algues.

Il n'est pas totalement juste de comparer la Meurthe à un collecteur. Ce qui apparaît valable dans le cadre des recherches hydrologiques ne s'applique plus entièrement dans le domaine de la biologie. Les tributaires sont responsables d'apports d'organismes planctoniques ou semi-planctoniques, cela est certain, mais la Meurthe offre elle-même des possibilités nombreuses de multiplication pour les Algues.

Nous avons signalé que les crues, parfois importantes, balayaient le cours de la rivière, réalisant de la sorte un effet de chasse entraînant les organismes insuffisamment fixés, ou libres, sur le fond. La répétition de ces mécanismes devrait conduire à un appauvrissement important de la florule algale, avec disparition des espèces planctoniques ou

semi-planctoniques incapables de résister à l'action du courant et se trouvant de ce fait chassées des stations. En réalité, il n'en est rien car les observations montrent la constance de la composition des populations algales dans les lieux de prélèvement, et cette stabilité pose le problème de l'origine et du maintien de ces organismes.

Les lieux de développement et de multiplication des Algues, Diatomées en particulier, ont été fort bien étudiés par GERMAIN (1935). Actuellement, MAILLARD (1959 et suiv.) dresse le catalogue de la florule diatomique de la région d'Evreux, en indiquant certains lieux de développement. Cependant ces auteurs ont prospecté principalement des stations de faible étendue, mares, flaques ou fossés, qui n'étaient généralement pas en relation directe avec un système hydrologique, et dont les interventions, même dans les mécanismes d'ensemencement du phytoplancton, paraissaient extrêmement limitées.

Nous considérons que c'est dans la rivière elle-même qu'il convient de rechercher l'origine du phytoplancton et de ses lieux de multiplication. Examinée à l'échelle microscopique des organismes planctoniques, la Meurthe ne ressemble en rien à une gouttière évacuant les précipitations. C'est au contraire un assemblage de tronçons, plus ou moins séparés par des ruptures de pente, par des ressauts, des accidents de microtopographie, ce qui crée un enchevêtrement de zones d'eaux mortes et de courants. Les aspérités du fond, blocs, galets, créent également des remous dans leurs sillages, et des zones de calme. Les écoulements laminaires plaquent à la surface des galets des filets d'eau, et ces couches limites qui sont, nous le savons, pratiquement sans courant, pourront servir d'abri pour de nombreux micro-organismes. Les anses, les diverticules des berges, les touffes de végétation aquatique, ralentissent le courant ou retiennent de nombreuses Algues. Ces emplacements favorables à la multiplication des organismes du phytoplancton apparaissent ainsi très nombreux. Leur rôle sera double, d'une part en assurant la pérennité de la florule algale d'une station donnée et d'autre part, en permettant le réensemencement des niveaux inférieurs à partir de la fraction plus ou moins spontanément détachée de son support.

Ces phénomènes qui se produisent dans la Meurthe se retrouvent dans ses affluents, et jusque dans les plus petits tributaires de ceux-ci. Il en résulte l'image renversée d'un delta, une sorte de gigantesque entonnoir, rassemblant dans le cours principal les apports permanents des affluents, mais possédant lui-même ses propres lieux de multiplication. Nous discuterons par la suite de l'importance qu'il convient d'attribuer à ces apports de florule par les affluents.

En résumé, nous pouvons dire qu'à un bassin versant homogène devrait correspondre une population algale elle-même homogène, les mécanismes de multiplication du phytoplancton se répétant dans les affluents d'une manière similaire, mais à une échelle différente.

Par contre, à des modifications dans la nature physique ou chimique des eaux correspondront des modifications dans la composition des communautés algales.

Il était donc du plus grand intérêt d'étudier la florule algale de la Meurthe, afin d'y rechercher l'existence de ces variations et pour tenter d'en dégager les causes majeures.

II. 1. ÉTUDE SYSTÉMATIQUE DE LA FLORE ALGALE

Le phytoplancton de la Meurthe a été prélevé, à chaque station, selon les méthodes classiques de la limnologie que nous avons déjà détaillées (PIERRE 1968 b). Au moment de l'emploi, les échantillons se présentaient sous la forme d'un sédiment, composé de débris minéraux et organiques mélangés au phytoplancton, et surmonté d'eau formolée.

Les Algues non siliceuses ont été étudiées à l'aide de préparations extemporanées réalisées à partir de ce matériel formolé.

Nous n'avons que rarement fait appel à ce type de préparations pour la détermination des Diatomées. La systématique actuelle de ces Algues est basée sur l'ornementation des valves siliceuses, aussi est-il nécessaire, pour permettre cet examen, de nettoyer les frustules de leur contenu organique et de les inclure dans un milieu de montage d'indice élevé.

Nos premières préparations furent réalisées par incinération suivie d'un montage au baume de Styrax, d'indice de réfraction de 1,58. Une technique dérivée de celle préconisée par MÖLDER (1943) fut ensuite utilisée. Une partie du sédiment, placé dans un tube à essai maintenu à 60° C dans un bain-marie, était soumise à l'action, prolongée pendant 24 heures, d'eau oxygénée concentrée à 110 volumes et renouvelée à deux reprises. Après une incinération complémentaire, les préparations étaient montées au baume de Styrax.

Nous procédons actuellement de la manière suivante :

Après remise en suspension du sédiment, une fraction aliquote de celui-ci est introduite dans un vase de 50 ml. Par décantation, le culot de sédimentation est séparé de l'eau formolée et celle-ci est remplacée, après lavage à l'eau distillée, par environ 25 ml d'eau oxygénée concentrée à 110 volumes. Une platine chauffante permet de maintenir l'ensemble à une température de l'ordre de 60° C. Après avoir laissé agir pendant 4 heures, on remplace l'eau oxygénée usagée par une solution neuve, cela pour une nouvelle période de 4 heures. A ce moment, quelques cristaux d'anhydride chromique sont ajoutés avec précaution, et produisent une réaction brutale d'oxydation, achevant ainsi la destruction des matières organiques. A la suite de plusieurs lavages, le sédiment comprenant les frustules parfaitement nettoyés sera déposé sur des lamelles, jusqu'à siccité, pour être finalement monté dans un milieu, le « Clearax » d'indice de réfraction égal à 1,66.

Des récoltes ont été faites aux dates suivantes : 4 juillet 1960, 4 octobre 1960, 21 janvier, 5 avril, 14 juin et 18 août 1961. Les stations 1 et 2 n'ont pu être visitées en janvier par suite de l'existence d'une épaisse couche de neige. Les stations 8 à 11 n'ont pas été explorées en janvier et en avril, ces périodes étant couvertes par nos recherches antérieures (PIERRE 1962) et par celles, parallèles, de BOSSELER (1961).

Les références des ouvrages de détermination utilisés pour la reconnaissance systématique des Algues recueillies figurent dans la bibliographie annexée à ce travail.

II. 1. 1. — Les Algues non siliceuses

Les résultats de nos recherches concernant les Algues non siliceuses de la Meurthe ont été publiés par ailleurs (PIERRE 1968 b). Ces Algues sont distribuées irrégulièrement dans la rivière, et les stations calmes sont les mieux habitées. Les espèces les plus communes sont représentées par des Oscillaires, rencontrées dans toutes les stations, et parfois en quantité suffisante pour former des masses bien visibles. Les espèces appartenant au genre *Closterium* occupent de préférence les stations de la Haute-Meurthe, et à un degré moindre celles de la Moyenne-Meurthe. De nombreuses espèces ne sont apparues qu'à l'état isolé, et Rhodophycées et Phéophycées n'ont pas été récoltées dans nos stations.

La plupart des Algues non siliceuses recueillies dans la Meurthe jouissent d'une grande plasticité écologique, aussi ne sera-t-il pas possible d'attribuer une signification écologique à leur présence.

La pauvreté relative des eaux de Meurthe en Algues autres que les Diatomées nous a récemment conduit à proposer, pour ce mécanisme, une explication basée sur le renouvellement constant des eaux de la rivière : la flore algale se trouve ainsi placée dans des conditions rappelant les premiers stades d'une succession écologique, telle que l'a décrite MARGALEF, et des facteurs devenus secondaires, comme la température, le courant, la minéralisation, agissent en favorisant un groupe, celui des Diatomées, qui devient de ce fait largement dominant (PIERRE 1968 b).

II. 1. 2. Liste systématique des Diatomées

La liste systématique des Diatomées recueillies dans la Meurthe comprend 326 espèces ou variétés, auxquelles pourraient être ajoutées 28 espèces qui n'ont été recensées qu'à la station du Pont Varroy, lors d'une étude effectuée pendant l'année 1961-1962 (PIERRE 1968 a.) Dans le tableau de répartition, nous avons traduit la présence d'une Diatomée par l'inscription d'un nombre, représentant l'indice de productivité de cette Algue pour l'ensemble des 5, ou selon le cas, des 6 récoltes effectuées à la station. Nous avons défini cet indice comme étant la somme de l'abondance de l'espèce lors de chaque récolte, abondance représentée par sa valeur numérique selon la correspondance de LUND (1945) : 1 = très rare, 2 = rare, 4 = occasionnelle, 8 = fréquente et 16 = très abondante.

Complétant cet indice annuel de productivité, nous rappellerons la définition de termes utilisés au cours d'un travail antérieur (PIERRE 1968 a) et qui seront employés fréquemment :

— l'abondance moyenne d'une espèce sera la moyenne arithmétique de l'indice annuel de productivité par le nombre de récoltes.

— la productivité annuelle d'une station sera la somme des indices annuels de productivité de toutes les espèces rencontrées dans la station lors des différentes récoltes.

— la notion de rendement, que nous introduirons ultérieurement, représentera le rapport arithmétique entre la productivité de la station et le nombre d'espèces présentes dans l'ensemble des récoltes faites à cette même station.

Le tableau IV rend compte de la répartition systématique des Diatomées recueillies dans la Meurthe pour l'ensemble des prélèvements de phytoplancton.

TABLEAU IV
LISTE SYSTÉMATIQUE
ET INDICE ANNUEL DE PRODUCTIVITÉ
DES DIATOMÉES
RECUEILLIES DANS LES STATIONS

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Achnanthes brevipes</i>									7	2	1
et var. <i>intermedia</i>								1	5	1	2
<i>A. coarctata</i>						1					
<i>A. exigua</i> var. <i>heterovalvata</i> ..							1				
<i>A. lanceolata</i>	51	56	39	36	16	20	14	20	7	3	6
et var. <i>capitata</i>								1			
var. <i>elliptica</i>	52	51	29	49	9	23	12	32	26	15	3
var. <i>rostrata</i>				4	2	5	14	37	22	7	11
var. <i>ventricosa</i>					1						
<i>A. lapidosa</i>				1							
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var.											
<i>tenella</i>					2			2			
<i>Actinoptychus undulatus</i>					10	1	1	1	1	4	1
<i>Amphipleura pellucida</i>						1					
<i>Amphiprora alata</i>									1	2	3
<i>A. ornata</i>											1
<i>Amphora ovalis</i>		2	7	4	8	7	6	49	16	20	8
et var. <i>pediculus</i>		2						1	7	8	13
									6		
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> ..								1	1		2
<i>Bacillaria paradoxa</i>								38	4	17	40
et var. <i>tumidula</i>									1		
<i>Caloneis amphisbaena</i>			1					6	9	13	6
<i>C. bacillum</i>	1		1		1	2	1	3		1	1
<i>C. permagna</i>									3	3	1
<i>C. pulchra</i>			1								
<i>C. schumanniana</i> var. <i>bicon-</i>											
<i>stricta</i>										2	

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. silicula</i>	1	1	3	4	7	5	2	5	4	1	2
et var. <i>truncatula</i>	2	1	2	1	5	2	2	2	1		
<i>Ceratoneis arcus</i>	2	9	62	80	88	68	39	12	4	6	4
et var. <i>amphioxys</i>		2	33	60	45	15	7	5	3	4	5
<i>Cocconeis diminuta</i>				1	1		1				
<i>C. disculus</i>										1	
<i>C. pediculus</i>		1				1		7	6	8	5
<i>C. placentula</i>	3	56	55	76	44	26	32	48	43	43	38
et var. <i>euglypta</i>	1	33	5	4	6	4	5	7	5	23	4
var. <i>klinoraphis</i>		2		2	1			1	2		
var. <i>lineata</i>	1	20	4	17	22	38	13	40	26	33	22
<i>C. scutellum</i>						1					
<i>Coscinodiscus antiquus</i>											1
<i>C. apiculatus</i>										1	1
<i>C. asteromphalus</i>										1	
<i>C. curvatulus</i> var. <i>minor</i>										1	
<i>C. excentricus</i>					4			2	2	6	2
<i>C. kutzingii</i>										1	
<i>C. lacustris</i>									29	20	11
<i>C. marginatus</i>					2		1			3	2
<i>C. oculus-iridis</i>											1
<i>C. perforatus</i>										1	
<i>C. radiatus</i>					1						1
<i>C. tabularis</i> var. <i>egregius</i>										1	
<i>Cyclotella comta</i>								1	6	26	21
<i>C. iris</i>	1	2		1			1	1	4	6	1
<i>C. kutzingiana</i>	1			2	2			1	1	32	40
<i>C. meneghiniana</i>		1			20	6	8	49	30	80	56
<i>C. planctonisa</i>									2		
<i>C. stelligera</i>					2					1	1
<i>C. striata</i>									1	1	
<i>C. widerkehrii</i>							1	1	3	2	1
<i>Cymatopleura elliptica</i>								3	5	3	3
et var. <i>nobilis</i>								4	4	1	1

Stations 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

<i>C. solea</i>			1				1	9	10	11	14
et var <i>gracilis</i>								1	2	1	1
var. <i>regula</i>								1	1		
<i>Cymbella affinis</i>										1	
<i>C. aspera</i>					1		1	5	1		1
<i>C. cistula</i>					1	2					
et var. <i>maculata</i>								2			
<i>C. cuspidata</i>									1		
<i>C. cymbiformis</i>							1				
<i>C. ehrenbergii</i>											1
<i>C. gracilis</i>	4	3	2	1	2						
<i>C. helvetica</i>								1	1		
<i>C. lanceolata</i>						1	1	2		1	1
<i>C. naviculiformis</i>	2	3	21	11	26	6	9	5	4	1	3
<i>C. prostrata</i>						1		6	4	2	5
<i>C. sinuata</i>	2	7	5	6	6	47	36	41	21	27	6
<i>C. tumida</i>						2	3	8	4	6	6
<i>C. turgida</i>	1		1	1				1			
<i>C. ventricosa</i>	64	21	76	74	96	96	96	84	52	40	17
<i>Diatoma anceps</i>		6	13	5	6	5	2	3		1	
<i>D. elongatum</i>	1		2		2	1		1	1	1	4
<i>D. hiemale</i>	5	11	1	1		1		1			
et var. <i>mesodon</i>	80	80	96	96	84	32	14	7	1	2	1
<i>D. vulgare</i>	11	3	21	35	6	3	1	9	17	7	7
et var. <i>brevis</i>	1							4	1	4	2
var. <i>grandis</i>			1							1	
var. <i>producta</i>									1	2	4
<i>Diploneis ovalis</i>			2	4	4	1	1				
et var <i>oblongella</i>	1	3	3	1	4	3	3	1	1	2	
<i>Epithemia argus</i>								1			
<i>E. sorex</i>	1	1			2			1			
<i>E. turgida</i>		2						3	1		
et var. <i>granulata</i>								2			

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>E. zebra</i>								1			
et var <i>saxonica</i>							1		1		
<i>Eunotia arcus</i> var. <i>bidens</i>				1	2	1					
<i>E. diodon</i>			2	3	1						
<i>E. formica</i>						1					
<i>E. gracilis</i>	3			2							
<i>E. lunaris</i>	2	3	6	5	9	3	4	2			
et var. <i>capitata</i>				2							
var. <i>subarcuata</i> ...	3	3	7	1	5	4	4	3			
<i>E. monodon</i>				1							
<i>Eunotia arcus</i> var. <i>bidens</i>					1				1		
<i>E. parallela</i>					1						
<i>E. pectinalis</i>	5	2	1	3		1		1			
et var. <i>minor</i>	9	9	24	16	13	4	4	4		1	1
var. <i>minor</i> fo. <i>im-</i>											
pressa		6	1	2	4	3	1	2	1		
var. <i>ventralis</i>			1		1			1			
<i>E. praerupta</i>		2	1	3	3	3					
et var. <i>bidens</i>			4	6	7	5	4	1			
var. <i>inflata</i>	1	1	5	8	6	4	6	3	1		
<i>E. robusta</i>			1	1							
et var. <i>tetraodon</i>			2	1	3			1			
<i>E. sudetica</i>				1	2						
<i>E. tridentula</i> var. <i>perminuta</i> ..			2	1			1				
<i>E. trinacria</i>	2	1	2	1	1						
<i>E. valida</i>		3	2	2							
<i>E. veneris</i>		4	10	16	3	1	5				
<i>Fragilaria bicapitata</i>			31	3	5	3	1	1			
<i>F. capucina</i>	4	2	24	3	25	4	2	1			
<i>F. construens</i>	1	4	52	22	14	19	5	24	11	6	11
et var. <i>binodis</i>				1	1	1	2	8	5	1	3
<i>F. harrissonii</i>						6	3	6	2		1
<i>F. pinnata</i>		2		2	2	4	1	5	8	8	2
et var. <i>lancettula</i>								4	8	4	2

	Stations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>F. virescens</i>	53	34	35	33	20	4	4	6		3	5
et var. <i>capitata</i>				1							
var. <i>elliptica</i>	4	1	2	6	3	1	2				
<i>Frustulia rhomboides</i>			2	2		1	3	6	2	1	2
et var. <i>amphipleuroides</i>						1	3				
var. <i>saxonica</i>					1						
<i>F. vulgaris</i>	5	4	38	53	30	17	19	11	4	4	3
<i>Gomphonema acuminatum</i> ...			5	1	3	2	1	2			
et var. <i>brebissonii</i>		2	19	4	4	2	1				
var. <i>coronata</i>	1	1		1	31	5	2	2	2	1	
var. <i>trigonocephala</i> .			22		2	1					
<i>G. angustratum</i>	1	2	3	4	7	5	4	4	3	1	2
et var. <i>producta</i>	30	12	22	9	24	10	6	7	3	7	11
<i>G. augur</i>								4	5		
<i>G. bohemicum</i>				1	1						
<i>G. constrictum</i>		4		6	16	16	7	7	5	3	2
et var. <i>capitata</i>			73						1		2
<i>G. gracile</i>	2		3	2	3		1				
et var. <i>lanceolata</i>	3		5								
<i>G. lanceolatum</i>	1	3		6	2	1	3				
<i>G. longiceps</i>		1									
et var. <i>subclavata</i>	4	6	1	7	3	4	1				
var. <i>subclavata</i> fo. <i>gracile</i>					1						
<i>G. olivaceum</i>	1							7	14	6	7
<i>G. parvulum</i>	9	4	45	46	70	68	72	18	18	46	27
et var. <i>micropus</i>					3		1	1			
var. <i>subelliptica</i> ...								1	1		
<i>Gyrosigma acuminatum</i>								21	4	8	6
<i>G. attenuatum</i>								5	5	4	1
<i>G. kutzingii</i>					1	2	2	6	21	2	1
<i>G. scalproides</i>					1			2	1		
<i>G. spencerii</i> var. <i>nodifera</i> ...								4	2	4	3
<i>G. wansbeckii</i>										1	

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Hantzschia amphioxys</i>		1	3	4	5	5	4	5	5	4	3
et fo. <i>capitata</i>		1									1
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>										1	
<i>Melosira ambigua</i>										3	4
<i>M. distans</i> var. <i>lirata</i> fo. <i>lacustris</i>				3							
<i>M. granulata</i>							1			5	5
et var. <i>angustissima</i> ..							1	2	2	11	14
<i>M. italica</i>		1	2	24	6	1	1			4	
<i>M. varians</i>			1		17	29	31	54	84	80	80
<i>Meridion circulare</i>	4	10	1	4	6	12	11	7	6	5	5
et var. <i>constricta</i>	37	34	14	16	26	12	8	6	3	3	2
<i>Navicula bacillum</i>		1	1	1				4		1	2
et var. <i>gregoryana</i> ...								2	1	1	
<i>N. cari</i>	1	4	1	3	1						
<i>N. cocconeiformis</i>	1	1	2	3	5	2					
<i>N. cryptocephala</i>	12	10	22	22	21	30	14	23	48	88	88
et var. <i>veneta</i>	2	42	35	40	34	22	4	29	41	64	64
<i>N. cuspidata</i>					5	5	5	10	5	17	6
et var. <i>ambigua</i>					1		2	6	4	9	7
<i>N. dicephala</i>		17			4	1	1	1	1		
<i>N. exigua</i>			1			1	1	2		18	
<i>N. gastrum</i>								6	1		1
<i>N. gothlandica</i>								2	2	4	1
<i>N. gracilis</i>						1	4	8	43	6	27
<i>N. hasta</i>									1		
<i>N. hungarica</i>										2	1
et fo. <i>capitata</i>				2	6	10	11	65	57	31	48
var. <i>linearis</i>									1	1	1
<i>N. laterostrata</i>							1	1			
<i>N. menisculus</i>							1	9			
<i>N. mutica</i>						3	2	2	2	2	1
et var. <i>neoventricosa</i> ..							1		1	1	
<i>N. oblonga</i>								1			

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>N. peregrina</i>									1		
<i>N. placentula</i>								3	3		
et fo. <i>rostrata</i>							1	13	5	1	1
<i>N. protracta</i>						2	2	1	2	2	2
<i>N. pseudoscutiformis</i>		1	4	1							
<i>N. pupula</i>	2	1	7	9	10	8	7	8	3	1	4
et var. <i>capitata</i>			2		1	2	2	3	2	4	1
var. <i>elliptica</i>	2	2	26	46	19	8	10	6	3	2	2
var. <i>mutata</i>		1				1	1	2			
var. <i>rectangularis</i> ..		3		3	2	2	3	4			
<i>N. pygmaea</i>								3	2	1	2
<i>N. radiosa</i>	1	2	9	5	7	12	12	22	22	9	14
<i>N. rhynchocephala</i>	1	2	29	52	64	38	27	25	19	40	25
<i>N. viridula</i>	1	3	12	4	15	84	81	84	96	96	96
<i>Neidium affine</i>						1					
et var. <i>amphirhynchus</i> ..			1	1	5	1	3	2	1	1	1
var. <i>longiceps</i>			1								
<i>N. bisulcatum</i>	3	2	3	4	3		1				
et fo. <i>undulata</i>	2	1	1	2	1						
<i>N. dubium</i>			3		4	2	3	5	3	2	3
et fo. <i>constricta</i>								3	1	3	1
<i>N. iridis</i>					3	1	1	1			
et fo. <i>vernalis</i>					1						
var. <i>amphigomphus</i> ..	2		3	1	6	1	1	3	3		1
<i>N. productum</i>			4								
<i>Nitzschia acicularis</i>								3		1	
<i>N. acuta</i>	1		3	1	1	3	4	6	1	5	3
<i>N. amphibia</i>	4		1	10	2		2	33	30	14	16
<i>N. apiculata</i>								4	4	4	3
<i>N. commutata</i>										2	
<i>N. dissipata</i>		1	4	6	7	5	7	14	6	4	3
<i>N. dubia</i>								1	4	2	1
<i>N. hungarica</i>							2	3	7	5	4
<i>N. ignorata</i>	1				2						
<i>N. linearis</i>	1		4	1	2	8	6	3	1	3	1

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>N. lacunarum</i>								1			
<i>N. palea</i>		3	3	6	7	13	13	26	5	36	31
<i>N. paleacea</i>								2			
<i>N. parvula</i>							1				
<i>N. recta</i>			1		2	3	1	5	2	1	2
<i>N. sigma</i>									3		1
<i>N. sigmoidea</i>								15	16	15	11
<i>N. stagnorum</i>	2		3	2	6	3	3	2	4	13	9
<i>N. subtilis</i>							1	4			
<i>N. thermalis</i>								5		1	1
et var. <i>minor</i>			3	3	1	1				1	
<i>N. tryblionella</i>								3	3	4	3
et var. <i>debilis</i>								5	4	1	1
var. <i>levidensis</i>								2	4	6	6
var. <i>victoriæ</i>								1	3	10	7
<i>N. vermicularis</i>								5	3	10	10
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	5	3		5	6	2					
<i>P. borealis</i>	6	3	6	6	7	4	4	2			
<i>P. brevicostata</i>	3	5		1							
<i>P. dactylus</i>	1		1	1	1			3	1		
<i>P. divergens</i>				1	1		1	1			
et var. <i>undulata</i>			1	2							
<i>P. episcopalis</i> var. <i>elliptica</i> ...				1							
<i>P. gentilis</i>	1		2		3	2					
<i>P. gibba</i>	1		17	5	4	2	4	4	1	1	1
et fo. <i>subundulata</i>			3	1	1	1			1		
var. <i>linearis</i>			2								
var. <i>mesogongyla</i> ..				1							
var. <i>parva</i>			7	2	5	2	1				
<i>P. gracilis</i>	1										
<i>P. interrupta</i>			4	2	3			1			
et fo. <i>minutissima</i>	3		2		1	1	1				1
<i>P. lata</i>					1						
<i>P. legumen</i>					1						

	Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>P. leptosoma</i>			1	1		1						
<i>P. maior</i>	4	2	3	3	5	1	1	1	1			1
<i>P. mesolepta</i>				4	6	7	5	4	3		3	1
et fo. <i>angusta</i>	1	1	1		1	1		1				
<i>P. microstauron</i>	3	3	7	5	6	5	2	1				
et fo. <i>biundulata</i>	1											
var. <i>brebissonii</i>	1	1	2	3	2			2			1	1
var. <i>brebissonii</i> fo.												
<i>diminuta</i>			1	3	2	2	2		2			
<i>P. nobilis</i>				1								
<i>P. polygonca</i>			1	17	2							
<i>P. stomatophora</i>	3	2	1	2								
<i>P. streptoraphe</i>					1							
<i>P. subcapitata</i>	22	11	31	17	7	4	5					
et var. <i>hilseana</i>	2		2	2	7	1	2					
<i>P. subsolaris</i>				1	1							
<i>P. viridis</i>	4	3	5	4	3	3	4	4	3			3
et var. <i>rupestris</i>	5	3	4	5	5	4	2	1				
var. <i>sudetica</i>	4	3	2	4	4	2						
<i>Rhizosolenia longiseta</i>										1	1	1
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	1				4	7	10	42	96	76	80	
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventri-</i>										1		
<i>cosa</i>												
<i>Stauroneis acuta</i>				1					1		2	
<i>S. anceps</i>	4	1	5	5	6	1	3	1				
et fo. <i>gracilis</i>	2	1	4	2	4		1	2				
fo. <i>linearis</i>	1		2	3	2	1	1					
<i>S. phoenicenteron</i>	2	3	7	5	6	5	10	8	5	4	4	
<i>S. pygmaea</i>		2										
<i>S. smithii</i>				3	3	3	4	3			1	2
<i>Stephanodiscus astraea</i>										1	6	7
<i>Surirella angustata</i>	1	1	5	10	29	10	7	7	3	2	6	

	Stations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>S. biseriata</i>			3	2	4		1	4	1		1
et var. <i>bifrons</i>					1			1			
<i>S. capronii</i>								1			
<i>S. elegans</i>					4	1		2	1		
<i>S. gracilis</i>								1			
<i>S. linearis</i>	1		3	1			2	3		1	2
et var. <i>constricta</i>	1		1								
<i>S. ovalis</i>											1
<i>S. ovata</i>	1	1	2		37	23	15	34	88	72	80
et var. <i>pinnata</i>				1	5	6	4	22	13	12	20
var. <i>salina</i>					2	4	4	37	60	65	49
<i>S. robusta</i>			1		4	1		3	4		2
et var. <i>splendida</i>			1		3			4	1	3	
<i>S. striatula</i>				2							
<i>S. tenera</i>	1	1	1	4	5		1	2	1		
et var. <i>nervosa</i>			1		1			2	2		1
<i>Synedra acus</i>					19	2	2	3		2	2
et var. <i>angustissima</i> ...					4						
<i>S. affinis</i>									2		2
<i>S. parasitica</i>					1	1					
et var. <i>subconstricta</i> ..					2		2	1	2	1	
<i>S. pulchella</i>				2	14	4	5	7	4	7	7
et var. <i>lanceolata</i>										10	6
var. <i>lanceolata</i> f o .											
<i>constricta</i>										3	2
<i>S. rumpens</i>	6	4	21	12	32	4	8	4	1	16	
et var. <i>familiaris</i>		2	16	11	6	5	5				
var. <i>scotica</i>				1	1						
<i>S. ulna</i>		2	5	11	49	35	19	22	12	27	17
et var. <i>biceps</i>								1			
var. <i>impressa</i>				1		1					
var. <i>oxyrhynchus</i> ..				1	1	2	9	5	3	2	3
<i>S. vaucheriae</i>	5	2	4	8	7	17	30	15	4	1	2
et var. <i>capitellata</i>	1			2		1	1				
var. <i>truncatula</i>							1				
<i>Tabellaria fenestrata</i>	1		3	4	46	6	4	3	3	1	
<i>T. flocculosa</i>	1	2	19	27	88	13	10	5	3		3

II. 1.3. La florule diatomique dans les différentes stations

La liste systématique des espèces recueillies dans la Meurthe nous a donné l'image globale de cette florule algale. Un examen, même superficiel, du tableau de répartition qui en résulte, fait immédiatement ressortir des différences importantes dans la composition du phyto-plancton des diverses stations.

Nous avons ainsi relevé, pour chaque lieu de récolte, les espèces de Diatomées les plus abondantes au cours de l'année, dans le but de rechercher ultérieurement la possibilité d'une relation entre la présence de ces espèces dominantes et la nature physico-chimique des eaux. Dans le cas où cette relation apparaîtrait, il deviendrait possible de dégager l'influence du milieu et de préciser les modalités d'action de certains facteurs simples.

*
**

Station 1.

Cette station, située à la source de la Meurthe, se caractérise par des eaux vives et pures, exception faite de quelques traces de matières organiques et d'ammoniaque, provenant de la décomposition dans l'eau de divers débris végétaux, principalement Sphaignes et feuilles mortes.

96 espèces de Diatomées représentent la population de cette station, toutes n'étant pas présentes en même temps. Les espèces dominantes, à la fois par leur présence et leur abondance dans la station sont, dans l'ordre de leur indice de productivité :

Diatoma hiemale var. *mesodon* (Ip = 80)

Cymbella ventricosa (64)

Fragilaria virescens (53)

Achnanthes lanceolata var. *elliptica* (52)

Achnanthes lanceolata (51)

Meridion circulare var. *constricta* (39).

Le genre *Pinnularia* est le mieux représenté, avec 19 espèces et variétés, *P. subcapitata* étant seule abondante. Les espèces dominantes de cette station sont des formes rhéophiles, orophiles, sauf *Cymbella ventricosa* qui est eurytope.

Les 6 Diatomées ci-dessus représentent 51 % du total de la productivité de la station *. Bien que celle-ci soit maximale en avril-juin et octobre, c'est cependant en juillet-août que le rendement * maximum est atteint dans le développement de la population diatomique.

Station 2.

Située seulement à quelques centaines de mètres en aval de la précédente, cette station livre une florule déjà plus conséquente, avec les espèces dominantes suivantes :

Diatoma hiemale var. *mesodon* (Ip = 80)

Achnanthes lanceolata (56)

Cocconeis placentula (56)

Achnanthes lanceolata var. *elliptica* (51)

Navicula cryptocephala var. *veneta* (42)

puis *Fragilaria virescens*, *Méridion circulare* var. *constricta*...

Parmi ces espèces communes, il faut relever la présence de *Cocconeis placentula* et de *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, qui appartiendront au groupe des espèces caractéristiques de la Basse-Meurthe. La productivité est la plus élevée lors de la récolte du mois d'avril, mais c'est en août que le nombre des espèces est le plus grand, et le rendement optimum est atteint en octobre.

Station 3.

Parmi les 138 espèces recueillies dans la station, la Diatomée dominante est toujours *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ip = 96), suivie de :

Cymbella ventricosa (76)

Gomphonema constrictum var. *capitata* (73)

Ceratoneis arcus (62)

Cocconeis placentula (55)

Gomphonema parvulum (45).

Avec la réapparition de *Cymbella ventricosa* parmi les espèces dominantes, on notera également la présence de *Gomphonema constrictum* var. *capitata* et de *G. parvulum*, espèces qui se développeront volon-

* Se reporter page 36 pour les définitions de ces termes.

tiers en eau leptomesohalobe *. Le nombre des espèces est maximum en janvier et en avril, avec une productivité relativement très faible en avril, et seulement moyenne en janvier, où les eaux étaient couvertes de glace. Par contre, le rendement était maximum en juin et août, par suite en particulier de la dominance de plusieurs espèces appartenant aux genres *Gomphonema* et *Fragilaria*.

Station 4.

25 *Pinnularia* et 20 *Eunotia* forment la base du plancton de cette station, où la productivité est moins importante qu'à la station précédente. Les eaux étant de nature physico-chimique très proche, cette diminution peut être expliquée par l'influence néfaste du courant, qui est ici toujours rapide. L'espèce dominante de ces eaux reste *Diatoma hiemale* var. *mesodon*. et peut servir à caractériser ce plancton d'eau courante.

Les Diatomées les plus abondantes sont, dans l'ordre de leur productivité :

Diatoma hiemale var. *mesodon* (Ip = 96)

Ceratoneis arcus (80)

Cocconeis placentula (76)

Cymbella ventricosa (74)

Ceratoneis arcus var. *amphioxys* (60)

Frustulia vulgaris (53)

Achnanthes lanceolata var. *elliptica* (49)

Navicula rhynchocephala (48)

Navicula pupula var. *elliptica* (46)

Gomphonema parvulum (46).

Station 5

Les genres *Pinnularia* et *Eunotia* sont toujours bien représentés, avec respectivement 25 et 16 espèces, mais la Diatomée dominante est maintenant *Cymbella ventricosa*. On note également l'apparition massive de *Tabellaria flocculosa*.

* Voir définition page 101.

Cette station a été reconnue comme une limite hydrologique pour la Meurthe (PIERRE 1967). Sur le plan floristique, cette coupure se traduit par le remplacement des espèces dominantes, et forme zone de transition avec la Moyenne-Meurthe.

Cymbella ventricosa (Ip = 96)

Ceratoneis arcus (90)

Tabellaria flocculosa (88)

Diatoma hiemale var. *mesodon* (86)

Gomphonema parvulum (70)

Navicula rhynchocephala (68).

Comparée à l'ensemble de la Meurthe, cette station de Sainte-Marguerite livre la productivité maximale, mais malgré cela le rendement est à peine moyen, par suite du nombre élevé d'espèces différentes recueillies à chaque récolte. Plusieurs causes sont responsables de cette diversité de la flore algale : citons la minéralisation encore faible, mais qui jusqu'alors était à peine suffisante, et l'absence de courant violent. Egalement, les espèces orophiles sont toujours présentes dans cette station qui marque une limite dans leur expansion vers l'aval, et conjointement les espèces habituelles des rivières de plaine font leur apparition.

Station 6.

Cymbella ventricosa est l'espèce dominante de cette station et conservera cette position jusqu'à la station 8, pouvant servir à caractériser le cours de la Moyenne-Meurthe. Elle est suivie par *Navicula viridula*, alors que *Ceratoneis arcus* régresse nettement, sans toutefois disparaître.

La station se caractérise par le déclin des genres *Eunotia* et *Pinnularia*, dont il ne subsistera que les formes les moins exigeantes, oligohalobes et oligosaprobies (polyoxybiontes).

Le nombre des espèces ainsi que le rendement sont en diminution par rapport à la station précédente.

Station 7.

Trois espèces émergent par leur abondance dans le plancton de cette station :

Cymbella ventricosa (Ip = 96)

Navicula viridula (81)

Gomphonema parvulum (72).

Station 8.

Navicula viridula (88)
Cymbella ventricosa (84)
Navicula hungarica var. *capitata* (65)
Cocconeis placentula (54)
Amphora ovalis (49)
Cyclotella meneghiniana (49).

Les espèces *Cymbella ventricosa* et *Navicula viridula* sont dominantes dans les stations 7 et 8, avec inversion de la dominance. La station 8 est plus riche que la station précédente, à la fois par le nombre des espèces, qui est le plus élevé pour l'ensemble de la Meurthe, et par la productivité importante.

Le phytoplancton de la Meurthe présente un développement optimum à cette station du Barrage de Morteau. Il s'agit encore d'une zone de transition, riche d'une flore abondante et variée, voyant la disparition de 22 espèces, compensée par l'apparition de 29 espèces jusqu'alors inconnues des eaux d'amont, parmi lesquelles *Bacillaria paradoxa* et plusieurs espèces de *Nitzschia* et de *Gyrosigma* qui poursuivront leur dissémination vers l'aval.

A partir de cette station le nombre des espèces ainsi que la productivité vont décroître par suite des changements survenant dans les conditions physiques et chimiques du milieu. Ces modifications entre les stations 8 et 9 apparaissent très nettement dans les résultats des analyses d'eau et marquent le passage de la Moyenne-Meurthe à la Basse-Meurthe. Les espèces qui supporteront les nouvelles conditions de vie du milieu seront celle adaptées à ces types de milieux, ce qui se traduira par des rendements spécifiques élevés.

Station 9.

Parmi la population diatomique de cette station le nombre des espèces abondantes ou très abondantes est important : Dans l'ordre, nous relevons :

Navicula viridula (Ip = 96)
Rhoicosphenia curvata (96)
Melosira varians (88)
Surirella ovata (88)
Surirella ovata var. *salina* (60)
Navicula hungarica fo. *capitata* (57)
Cymbella ventricosa (52)
Navicula cryptocephala (48)
Navicula cryptocephala var. *veneta* (41)

Cette station marque la limite d'extension du genre *Gomphonema* dont il ne subsiste que de rares individus. De nombreuses Diatomées apparaissent ou prennent un développement plus important, donnant au plancton une composition caractéristique que nous avons déjà étudiée. Rappelons que celui-ci est constitué d'un fond d'espèces très plastiques et de distribution étendue, auxquelles s'ajoutent un groupement d'espèces préférentielles des eaux saumâtres, ou du moins halotolérantes (ou euryhalobes) (PIERRE 1968 a).

Station 10.

Un nombre d'espèces limité, joint à une productivité moyenne, entraînent un rendement élevé, qui s'avère être le meilleur pour les stations étudiées. Ce résultat est obtenu par un nombre important d'espèces abondantes, qui sont, dans l'ordre :

- Navicula viridula* (Ip = 96)
- Navicula cryptocephala* (88)
- Cyclotella meneghiniana* (80)
- Melosira varians* (80)
- Rhoicosphenia curvata* (72)
- Surirella ovata* (72)
- Surirella ovata* var. *salina* (65)
- Navicula cryptocephala* var. *veneta* (64)
- Gomphonema parvulum* (46)
- Cocconeis placentula* (43)

Station 11.

La liste des espèces les mieux représentées à cette station est très proche de la précédente :

- Navicula viridula* (Ip = 96)
- Navicula cryptocephala* (88)
- Melosira varians* (80)
- Rhoicosphenia curvata* (80)
- Surirella ovata* (80)
- Navicula cryptocephala* var. *veneta* (64)
- Cyclotella meneghiniana* (56)
- Surirella ovata* var. *salina* (49)
- Navicula hungarica* fo. *capitata* (48)

Les eaux de ces deux dernières stations, distantes de 3,1 km, possèdent une composition physico-chimique très proche. De l'une à l'autre on notera seulement une diminution de la teneur en oxygène dissous et une augmentation du taux des matières organiques et de l'ammoniaque, correspondant à un épanouissement de la pollution. Comme nous l'avons déjà signalé ci-dessus, à ces conditions correspond un nombre limité d'espèces, mais celles-ci trouvent dans ces stations des conditions propres à leur assurer un développement important. Il en résulte une productivité notable, et des rendements élevés, les meilleurs pour l'ensemble des lieux visités.

Deux espèces sont importantes dans ces stations, bien que leur indice de productivité ne dépasse pas 40 : il s'agit de *Bacillaria paradoxa* et de *Cyclotella kutzingiana*, caractéristiques des eaux saumâtres et souillées de la Basse-Meurthe. Nombre des espèces de cette partie du cours d'eau sont liées aux milieux riches en sel et se montrent peu sensibles à la pollution.

Il faut enfin relever l'apparition, dans ces stations, de Diatomées Centriques en nombre grandissant. Leur présence et leur développement abondant traduisent l'existence de pollutions diverses envers lesquelles elles sont très tolérantes. Ceci leur permet de se substituer à certaines formes pennées, plus fragiles, et de ce fait éliminées de ces milieux.

II. 2. ÉTUDE DE LA COMMUNAUTÉ ALGALE

II. 2. 1. Analyse du peuplement diatomique de la Meurthe

Les visites effectuées aux 11 stations de récolte étagées sur l'ensemble du cours de la Meurthe nous ont permis de dresser 64 relevés correspondant à la composition du phytoplancton à ces emplacements. Le nombre total d'espèces et de variétés figurant dans les relevés est de 326, car il n'a pas été tenu compte des espèces recueillies uniquement au Pont Varroy, au cours d'une étude séparée (PIERRE 1968 a). De même, les algues non siliceuses, le plus souvent rares à la fois par le nombre d'espèces et par leur fréquence d'apparition dans les récoltes, ne figurent pas dans cette analyse du peuplement de la Meurthe.

A partir des relevés obtenus pour l'ensemble de la rivière, nous avons étudié la répartition de la population diatomique en fonction de la présence et de l'abondance des espèces.

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque classe de présence, le nombre d'espèces appartenant à la classe, ainsi que la productivité totale des espèces de chaque classe pour l'ensemble des récoltes :

<i>Classe</i>	<i>% de présence</i>	<i>Nombre d'espèces de la classe</i>	<i>Productivité totale des espèces de la classe</i>
I	0 à 20	190	1042
II	20 à 40	69	1849
III	40 à 60	25	1484
IV	60 à 80	29	5422
V	80 à 100	13	4098

L'histogramme de présence (fig. 4) indique nettement une hétérogénéité dans les relevés, résultat de l'existence, dans les différentes zones de la rivière, de plusieurs groupements distincts qui seront détaillés ultérieurement.

Les classes I et II, rassemblant des espèces présentes dans moins de 40 % des relevés, sont riches en espèces, respectivement 190 et 69, soit encore 79 % du nombre total d'espèces recueillies. Les classes IV et V ne renferment que 42 Diatomées à elles deux, soit 13 % du total, mais leur productivité est extrêmement importante et représente 68,5 % de la productivité totale de la Meurthe.

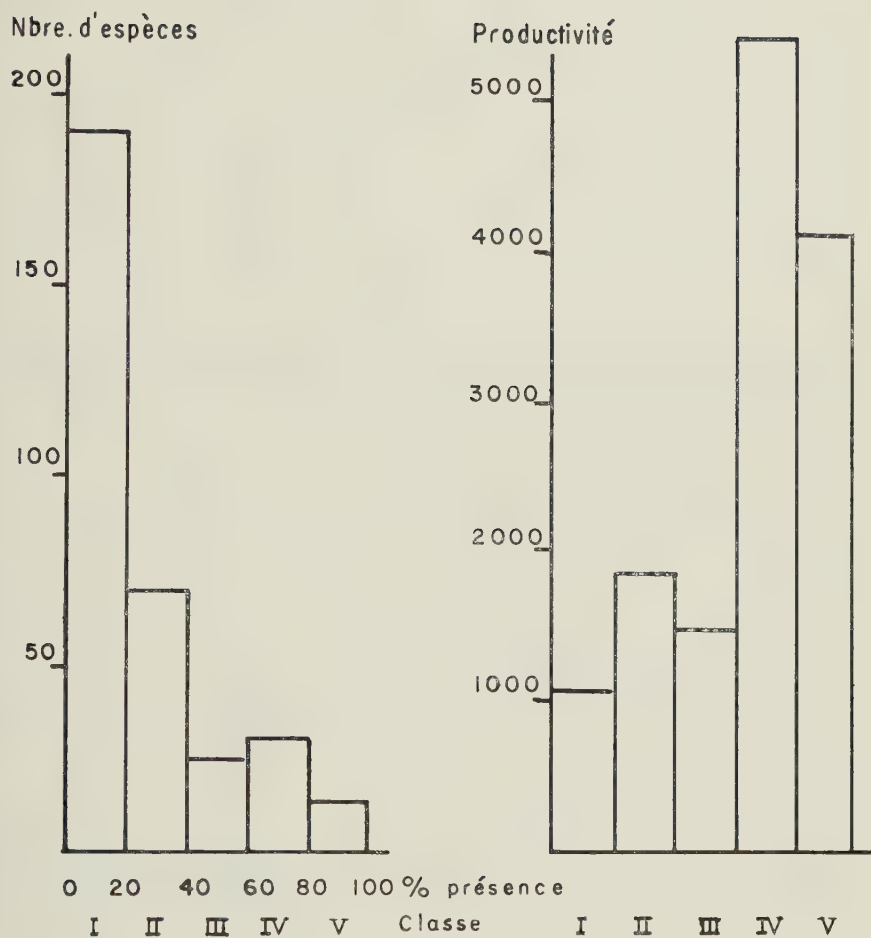


Fig. 4. — Répartition des espèces en classes de présence.

Productivité totale des espèces selon leur classe de présence.

Les espèces recueillies lors des différentes récoltes se répartissent ainsi, en fonction de leur abondance dans les 64 relevés :

abondance moyenne comprise entre :	nombre d'espèces dans la catégorie	productivité de la catégorie en :	
		valeur absolue	%
0 et 1	276	3356	24,3
1 et 2	22	2057	14,8
2 et 4	14	2689	19,3
4 et 8	12	4525	32,5
8 et 16	2	1268	9,1

Les deux espèces dont l'abondance moyenne est supérieure à 8 sont *Cymbella ventricosa* et *Navicula viridula*. La productivité totale de ces deux Diatomées est respectivement de 716 et 552, et toutes deux font partie de la classe de présence V.

Les 12 espèces ayant une abondance moyenne comprise entre 4 et 8 sont, par ordre de productivité décroissante :

	productivité	présence
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i>	493	IV
<i>Ceratoneis arcus</i>	474	V
<i>Cocconeis placentula</i>	464	V
<i>Gomphonema parvulum</i>	423	V
<i>Navicula cryptocephala</i>	378	V
<i>N. cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>	377	IV
<i>Melosira varians</i>	376	IV
<i>Surirella ovata</i>	353	IV
<i>Navicula rhynchocephala</i>	322	IV
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	316	IV
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i>	281	IV
<i>Achnanthes lanceolata</i>	268	IV

L'examen de la répartition dans les stations de ces espèces révèle qu'il s'agit soit d'espèces très plastiques, distribuées plus ou moins abondamment dans toute la rivière (par ex. *Cymbella ventricosa*, *Cocconeis placentula*), soit au contraire d'espèces localisées à un groupe de stations (par ex. *Melosira varians*, *Rhoicosphenia curvata*) (fig. 5).

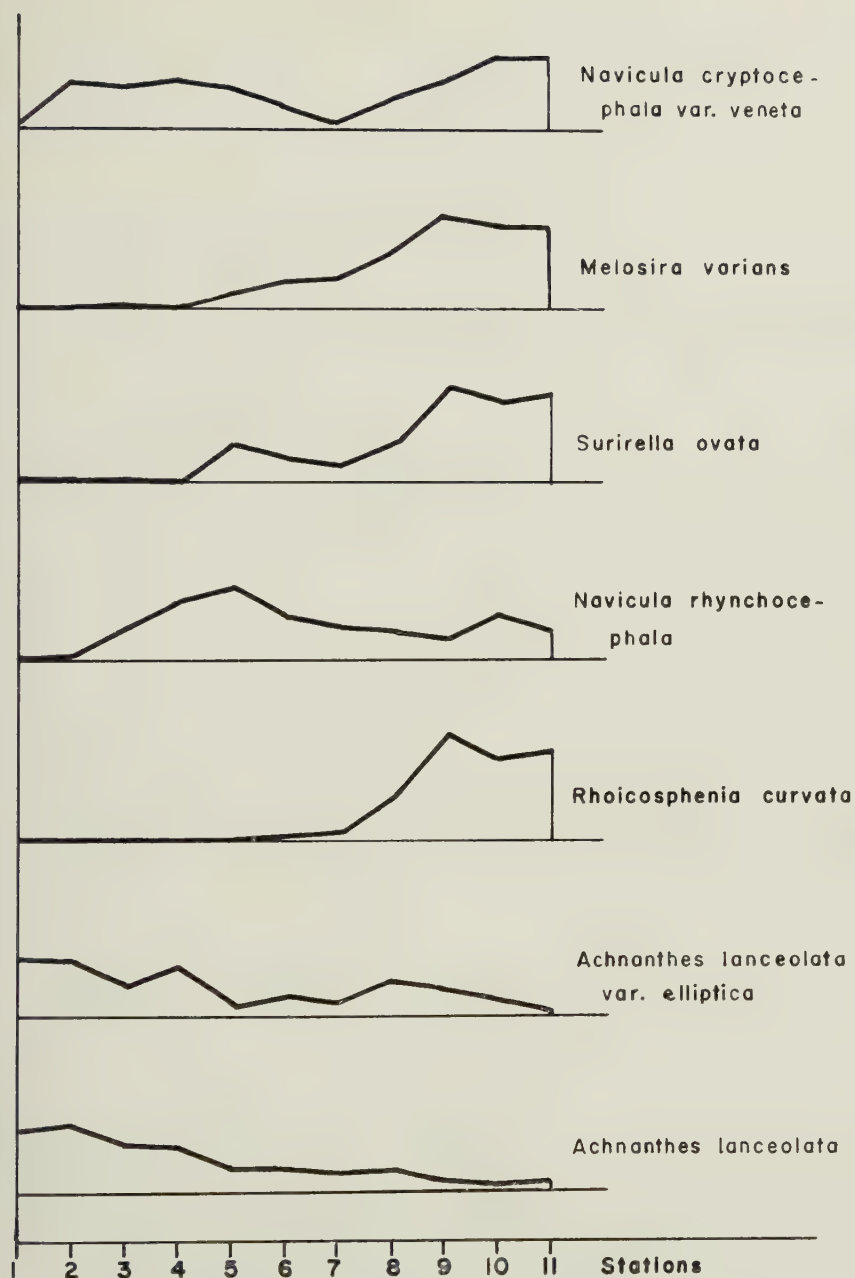


Fig. 5 — Distribution horizontale de 14 Diatomées de la Meurthe.
En ordonnée vecteur proportionnel à l'indice de productivité,
en abscisse les stations.

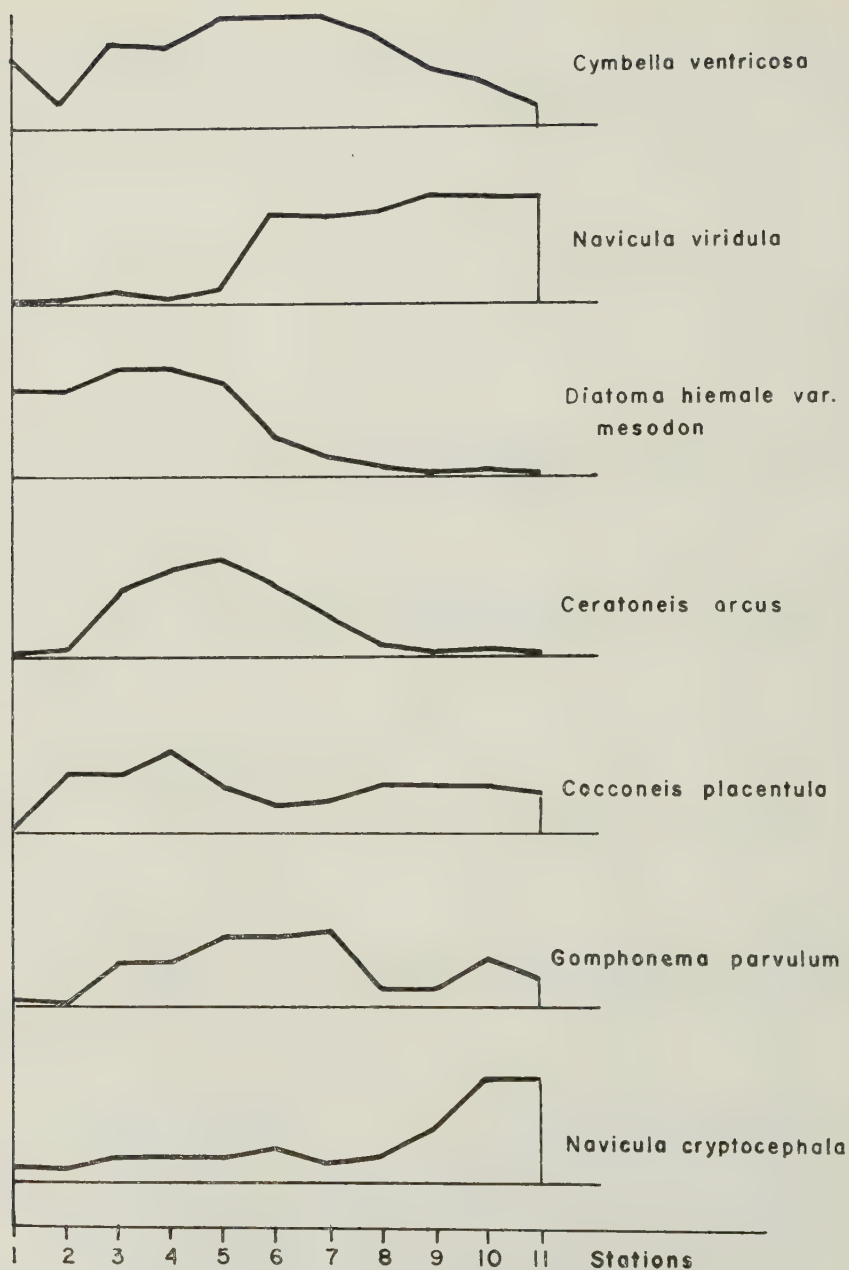


Fig. 5 — (Suite)

Cette répartition des Diatomées en fonction de leur abondance ne fait apparaître, parmi les espèces communes ou abondantes, que 14 algues sur les 42 constituant les classes de présence IV ou V. Ces 14 Diatomées, représentant 4,3 % du nombre total d'espèces, contribuent pour près de 42 % à la productivité totale.

Cymbella ventricosa, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala* et var. *veneta*, *Navicula rhynchocephala*, *Achnanthes lanceolata* et var. *elliptica*, sont distribuées avec régularité dans toutes les stations (fig. 5), avec pour certaines l'indication d'une préférence soit pour les stations d'amont, c'est le cas de *Cocconeis placentula*, *Achnanthes lanceolata* et var. *elliptica*, soit pour les stations d'aval : cas de *Navicula cryptocephala* et de sa var. *veneta*.

Deux espèces, *Diatoma hiemale* var. *mesodon* et *Ceratoneis arcus*, ont un optimum de développement dans les stations 1 à 6, devenant rares dans les stations de plaine. *Navicula viridula*, *Melosira varians*, *Surirella ovata* et *Rhoicosphenia curvata* atteignent au contraire leur développement maximum dans la Moyenne et dans la Basse-Meurthe, où ces Diatomées deviennent dominantes.

La productivité algale de la Meurthe est donc assurée par un petit nombre d'espèces de présence et d'abondance élevées et par un lot beaucoup plus vaste d'espèces souvent rares ou très rares.

La répartition des espèces dominantes laisse déjà apparaître une certaine sujétion aux caractéristiques physiques et chimiques du milieu.

II. 2.2. Les associations algales

Le concept d'associations végétales, appliqué en premier lieu aux plantes supérieures, fut repris par de nombreux Auteurs qui tentèrent de définir, d'une manière analogue, des associations d'algues. Si certains étendirent la notion d'association pour considérer, tel MARGALEF, l'association limnique tout entière, Végétaux et Animaux mêlés, la plupart des auteurs se limitèrent à l'étude des groupements d'Algues, celles-ci appartenant d'ailleurs aux différents groupes systématiques.

Dans un certain nombre de cas la flore algale se trouva limitée aux espèces d'un même groupe, permettant la description d'associations restreintes à ces seuls groupes, ce qui fut le cas pour les Bacillariophycées (JORGENSEN 1949, SYMOENS 1951, 1954).

Différents auteurs ont décrit, dans les formations d'eau courante, des associations à Chlorophycées et Diatomées, basées notamment sur le genre *Cladophora* : association à *Cladophora glomerata* (ALLORGE 1921), *Cladophoretum glomeratae* (SAUER 1937), *Cladophoretum glomeratae rheobenthicum* (SYMOENS 1954). Ces groupements se constituent sur les pierres du fond du lit des cours d'eau et s'enrichissent de nombreuses Diatomées. Si nos prélèvements nous ont permis de reconnaître, dans le plancton de la Meurthe, la plupart des Diatomées de ces associations, les Chlorophycées y sont toujours très mal représentées et le genre *Cladophora* ne présente jamais un développement important. Les algues filamenteuses des genres *Vaucheria*, *Ulothrix*, *Oedogonium*, sont rares ou absentes, et *Lemanea*, Rhodophycée caractéristique de ces associations, n'a jamais été trouvée. Du fait de la dominance très exclusive des algues siliceuses dans la Meurthe, les alliances sociologiques reposeront seulement sur les associations à Diatomées. Nous avons ainsi considéré l'alliance des associations à Bacillariophycées des eaux courantes (*Bacillariophycion rheobenthicum* SYMOENS 1951), constituée par différentes associations en fonction de la qualité de l'eau.

Cette alliance, formée par l'association à *Diatoma hiemale* — *Meridion circulare*, et par celle à *Diatoma vulgare* — *Melosira varians*, peut présenter divers faciès locaux.

La partie supérieure du cours de la Meurthe abrite toutes les espèces caractéristiques de l'association à *Diatoma hiemale*-*Meridion circulare* (SYMOENS 1957), bien qu'il y manque certaines formes compagnes, telles *Nitzschia suecica*, *Navicula rotaena*, *Achnanthes minu-*

tissima, *A. linearis*, *Frustulia crassinerva* et *Eunotia exigua*. Quelques glissements de position s'opèrent également parmi les formes dominantes, avec la relative discrétion de *Meridion circulare* var. *constricta* et de *Fragilaria virescens*.

Le cours moyen et inférieur de la Meurthe, par ses eaux basiques à tendance eutrophe, livre les espèces de l'association à *Diatoma vulgare*-*Melosira varians*. (SYMOENS 1954.) Les Diatomées sont dominantes, constituant la presque totalité du plancton de ces stations, et ne sont accompagnées, sur le fond du lit, que d'une rare végétation réduite à quelques Oscillaires, à *Cladophora* et autres Chlorophycées épisodiques.

Les espèces caractéristiques sont *Navicula viridula*, *Melosira varians*, puis *Achnanthes lanceolata*, *Rhoicosphenia curvata*, *Surirella ovata* et pl. var., *Diatoma vulgare*. Cette association se rencontre communément dans les eaux courantes et différents faciès en ont été décrits, tel le faciès à *Cymbella ventricosa* et celui à *Navicula viridula*.

L'association à *Cymbella ventricosa* (BUDDE 1928) (SYMOENS 1954) se rencontre dans les eaux alcalines, pauvres en sels minéraux, peu polluées et soumises à un courant sensible, conditions régnant dans le cours moyen de la Meurthe. L'espèce caractéristique de cette association est constamment dominante dans les stations 5, 6, 7 et 8, pour ensuite devenir beaucoup plus discrète vers l'aval. Nous retrouvons là encore l'indication d'une coupure entre les stations 8 et 9. Le faciès à *Navicula viridula* (BUDDE 1928) (SYMOENS 1954) domine toute la Basse-Meurthe. L'espèce caractéristique atteint son développement maximum dans les stations 8 à 11. Elle est accompagnée de *Melosira varians*, *Achnanthes lanceolata*, *Rhoicosphenia curvata*, *Cymbella sinuata*, etc.

Dans toutes les stations que nous avons visitées, nous avons pu relever, s'ajoutant aux espèces typiques des associations reconnues, des espèces particulières liées à tel ou tel facteur écologique, ou allochtones pour les stations. Ce mécanisme apparaît particulièrement bien au cours de l'étude d'un an que nous avons consacrée à la station du pont Varroy (station 8). En classant les Diatomées de cette station par ordre décroissant de leur indice de productivité, les espèces caractéristiques du faciès à *Navicula viridula* se retrouvent, mais dans un ordre différent : *Navicula viridula* et *Rhoicosphenia curvata* sont dominantes, suivies de *Melosira varians*; *Cocconeis placentula*

var. *lineata*, *Cymbella ventricosa*, *Diatoma vulgare*, etc. Ce sont toutes des espèces alcaliphiles, oligohalobes à leptomesohalobes, ou du moins indifférentes au sel. A ce fond d'espèces s'ajoutent d'autres Diatomées, toujours abondantes et saisonnièrement dominantes : *Surirella ovata* var. *salina*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula hungarica* var. *capitata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, *Bacillaria paradoxa*, *Nitzschia amphibia*, *N. stagnorum*, *Coscinodiscus lacustris*, etc. Toutes ces espèces sont des halobiontes, ou à tendance halophile, et trouvent dans les eaux saumâtres de la Basse-Meurthe des conditions permettant un développement important.

Cet exemple particulièrement net nous montre l'influence que peut avoir un facteur, ici la minéralisation des eaux, sur l'évolution d'une association algale. A l'élément de base constitué par le faciès à *Navicula viridula* s'ajoute un groupement halophile rassemblant des espèces caractéristiques des eaux leptomesohalobes. Les aires de recouvrement des différentes associations présentes dans la Meurthe peuvent se schématiser ainsi :

Ass. *Diatoma hiemale*-*Meridion circulare*



Ass. *Diatoma vulgare*-*Melosira varians*

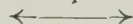


Faciès *Cymbella*
ventricosa

Faciès *Navicula*
viridula



Groupement
halophile



St. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Le cours supérieur et une partie du cours moyen de la Meurthe sont le domaine de l'association à *Diatoma hiemale* et *Meridion circulare*, caractéristique des eaux courantes et pures. Le cours moyen et le cours inférieur voient le règne de l'association à *Diatoma vulgare*-

Melosira varians, composée de formes écologiquement plus tolérantes. La fréquence d'apparition des espèces caractéristiques et compagnes permet de distinguer deux faciès, l'un à *Cymbella ventricosa* pour les eaux encore peu polluées de la Moyenne-Meurthe, l'autre à *Navicula viridula* pour la Basse-Meurthe, à l'eutrophie avancée. L'existence de conditions écologiques particulières entraîne l'apparition d'un groupement localisé à la zone d'action de ces facteurs : c'est le cas de l'élément halophile proliférant à la station du Pont Varroy, et dont l'extension vers l'aval est limitée par l'eutrophisation croissante des eaux des stations 10 et 11.

II. 2. 3. Comparaison des relevés de populations

Nous avons dressé, à partir de 64 listes systématiques provenant des 11 stations de récolte, les 11 relevés floristiques correspondants. L'abondance de la flore rendait difficile une comparaison directe, aussi avons nous utilisé dans ce but la notion de coefficient de communauté mise au point par JACCARD et remaniée ultérieurement par de nombreux auteurs. Nous avons utilisé, à leur exemple, un quotient de similitude ainsi formulé:

$$\text{Q.S.}_{xy} = \frac{2n}{x+y} \cdot 100$$

où n est le nombre des espèces communes aux deux relevés, et x et y les nombres respectifs des espèces présentes dans les deux relevés comparés. 100 est un facteur destiné à éviter l'utilisation de nombres décimaux. Dans ces conditions, le coefficient (ou quotient) de similitude varie de 0, s'il n'y a aucune espèce commune aux deux relevés, à 100 si toutes les espèces sont communes.

Nous avons utilisé, à l'exemple de CZEKANOWSKI, une table de coïncidence rendant compte de la similitude des relevés pris deux à deux. Les résultats apparaissent dans le tableau V.

L'utilisation de cette méthode des Q.S. a fait l'objet de certaines critiques. Il est certain que la valeur absolue de ces quotients est dépourvue de signification, car l'inventaire floristique des milieux aquatiques, surtout en eau courante, sera toujours incomplet. Egalement, en multipliant le nombre des relevés, il serait toujours possible d'augmenter le nombre des espèces recueillies, en particulier par des formes très rares et le plus souvent étrangères à la station, ce qui aurait pour effet d'abaisser fortement la valeur du quotient. D'autre part, nous connaissons fort mal la valence écologique réelle des espèces, ce qui peut conduire à rapprocher des relevés appartenant à des groupements fondamentalement différents. Cependant, toutes choses égales par ailleurs, cette méthode nous est apparue très utile dans la comparaison de nos stations, en nous fournissant la possibilité de regrouper celles ayant un maximum d'espèces communes, et par conséquent floristiquement proches.

St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	69	60	68	62	60	57	49	42	40	41
2	69	100	69	72	62	63	57	51	42	40	40
3	69	69	100	77	74	70	66	58	47	46	46
4	68	72	77	100	76	71	69	55	45	43	44
5	62	62	74	76	100	78	80	64	55	50	51
6	60	63	70	71	78	100	79	66	55	57	57
7	57	57	66	69	80	79	100	69	60	59	61
8	49	51	58	55	64	66	69	100	77	72	73
9	42	42	47	45	55	56	60	77	100	77	80
10	40	40	46	43	50	56	69	72	77	100	84
11	41	40	46	44	51	57	61	73	80	84	100

TABLEAU V : *Quotients de similitude des relevés correspondant aux 11 stations de récolte de la Meurthe.*

Un premier résultat, que l'observation pouvait laisser présager, apparaît à la lecture de ce tableau et traduit l'existence d'un gradient de distribution des Diatomées de la Meurthe : si l'on compare la population de l'une quelconque des stations avec celle des autres lieux de récolte, les stations extrêmes auront des quotients de similitude particulièrement bas et ceux-ci augmenteront progressivement lorsque l'on se rapprochera de la station essayée. L'existence de ce gradient nous a conduit à disposer les relevés dans l'ordre naturel des stations. Cette distribution des relevés représentant les divers aspects d'un même milieu d'eau courante, se distingue ainsi de celle utilisée dans la comparaison des différents milieux d'eau close.

Le deuxième résultat apporté par ce tableau correspond à la mise en évidence de similitudes floristiques entre les stations : nous pouvons ainsi séparer trois groupes de stations, comprenant respectivement les stations 1, 2 et 3 pour le premier, 4 à 7 pour le deuxième et 9 à 11 pour le dernier. Les quotients de similitude obtenus pour la station 8 la placent nettement à l'écart des stations voisines ; elle constitue bien la zone de transition que nous avons déjà découverte par d'autres procédés. La limite floristique entre la Moyenne et la Basse-Meurthe est ainsi confirmée, par contre la limite entre la Haute et la Moyenne-Meurthe devrait être fixée, d'après ces résultats, au niveau de la station 4. Des considérations écologiques reposant sur la présence ou l'abondance des espèces principales des stations, la distribution de cer-

tains genres, les données hydrographiques ou hydrologiques, nous incitent à maintenir cette coupure au niveau des stations 5 et 6, c'est-à-dire approximativement à hauteur de la ville de Saint-Dié.

L'examen des quotients de similitude démontre également l'incompatibilité existant entre les florules diatomiques des stations extrêmes : les seules espèces communes à ces stations sont celles qui se rencontrent dans toute la rivière, et de ce fait leur présence est écologiquement peu significative.

*
**

Parmi les populations algales de la Meurthe, les Diatomées occupent, tant par le nombre des espèces que par celui des individus, une position privilégiée.

La population diatomique des stations est composée d'un nombre restreint d'espèces, de présence toujours élevée, bien adaptées au milieu et par conséquent abondantes ou dominantes, et responsables de la majeure partie de la productivité. Le complément comprend des espèces épisodiques, le plus souvent rares, dont l'apparition ne paraît correspondre à aucun cycle défini (PIERRE 1968 a).

Dans le milieu d'eau courante qu'est la Meurthe, la répartition spatiale des Diatomées est directement liée à la rivière, que l'on considère la présence des espèces ou de certains genres, les associations diatomiques, ou l'existence de zones floristiques différenciées. Ces phénomènes sont la traduction de la présence d'un gradient de distribution dans la Meurthe, allant de la source au confluent avec la Moselle, et conséquence d'une variation continue des caractéristiques physiques et chimiques majeures. Il en résulte un remplacement, une succession d'espèces d'amont vers l'aval, et une apparition de formes écologiquement mieux adaptées aux conditions régnant dans ces zones séparées par deux régions de transition.

II. 3. 1. Périodicité du développement des Diatomées de la Meurthe

La répartition des Diatomées de la Meurthe est sous la dépendance de la nature physico-chimique des eaux dans les différentes stations. D'amont vers l'aval, celle-ci témoigne de variations, et nous avons recherché la manifestation d'une évolution parallèle dans la composition de la florule diatomique. Nombre d'espèces récoltées, productivité et rendement dans les stations au cours des différentes périodes de récolte ont été étudiés, et les résultats sont les suivants :

a) Nombre d'espèces de Diatomées récoltées dans les stations.

Stations	date des récoltes :					
	juillet 60	oct. 60	janv. 61	avril 61	juin 61	août 61
1	21	40	—	53	55	46
2	40	30	—	60	47	69
3	63	52	85	86	78	79
4	29	71	83	79	99	93
5	103	117	104	97	100	88
6	76	83	81	87	57	71
7	67	93	90	85	59	62
8	112	124	82	101	104	96
9	84	87	41	59	86	94
10	77	75	77	64	70	82
11	94	81	63	54	69	60

TABLEAU VI : Nombre d'espèces recueillies dans les stations lors de différentes récoltes.

Dans les 11 stations, le nombre moyen d'espèces recueillies était, pour les différentes dates des récoltes, de 69 en juillet 1960, de 77 en octobre, de 78 en janvier 1961, de 75, 75 et 76 en avril, juin et août. Ce nombre varie peu, puisqu'il oscille entre 69 et 78 espèces en moyenne par station. Les résultats obtenus au cours d'une étude détaillée d'une station isolée (PIERRE 1968 a) ne peuvent être étendus à l'ensemble que constitue la Meurthe : la saison de récolte ne modifie pas, d'une manière significative, le nombre d'espèces de Diatomées recueillies. Il n'a pas non plus été mis en évidence des Diatomées apparaissant massivement pendant une période limitée, et de ce fait caractéristiques de la période vernale, estivale ou hivernale.

La présence des espèces n'est donc pas liée à la saison et les Diatomées seront bien représentées tout au long de l'année, dans la flore de la Meurthe.

Le nombre total d'espèces différentes recueillies dans les stations est de :

station	1	:	97
	2	:	102
	3	:	138
	4	:	144
	5	:	168
	6	:	140
	7	:	146
	8	:	190
	9	:	156
	10	:	158
	11	:	151

Les deux stations d'amont, correspondant pratiquement à la source de la rivière, sont pauvres en espèces, les listes ne révélant respectivement que 97 et 102 Diatomées différentes pour l'ensemble des récoltes. Cette relative pauvreté peut s'expliquer en partie par un certain nombre de mécanismes : notons tout d'abord qu'il n'a pas été possible de procéder à la récolte de janvier, les stations étant recouvertes d'une épaisse couche de neige. Les eaux très peu minéralisées, la température moyenne basse, la violence du courant, sont autant de facteurs concourant à limiter la diversité de la florule diatomique.

Dès la station 3, le milieu, mieux équilibré, assure une distribution plus variée des Diatomées. Un maximum sera atteint aux stations 5 et 8 : situées dans des zones de courant lent, possédant des eaux minéralisées en suffisance, ces stations seront favorables au développement des espèces diatomiques. A l'aval de la station 8 le nombre des espèces tend de nouveau à diminuer : à l'élévation de la pollution minérale, puis organique, va correspondre une spécialisation des espèces, allant de pair avec une diminution de la diversité de ces mêmes espèces.

b) Productivité des espèces.

La productivité des stations lors des différentes récoltes, représentée par le nombre de productivité, apparaît dans le tableau suivant :

Station	date des récoltes :						Moyenne
	juillet 60	oct. 60	janv. 61	avril 61	juin 61	août 61	
1	77	103	—	144	145	138	121
2	119	127	—	188	97	155	137
3	179	132	273	143	350	349	237
4	82	197	225	186	347	294	222
5	206	250	269	255	340	336	276
6	142	199	242	157	179	251	195
7	120	185	167	175	188	147	164
8	294	308	200	295	259	270	271
9	198	268	136	211	275	322	235
10	302	277	237	198	263	298	262
11	304	320	179	145	221	228	232

TABLEAU VII : Productivité des stations au cours des différentes récoltes.

Les récoltes de juillet 1960 et avril 1961 ont vu les productivités les plus basses, un maximum apparaissant par contre aux mois de juin et août 61. Les stations 5 et 8 ont, là encore, été le siège d'une productivité maximale. La période hivernale se caractérise par une productivité moyenne, la station 9 étant seule nettement déficitaire. Il apparaît déjà que les pollutions de la Basse-Meurthe n'auront qu'une action néfaste limitée sur la florule diatomique, car la productivité y sera toujours élevée, sauf lors de la récolte d'avril.

c) Rendement.

Dans le but de mieux suivre l'évolution de la flore algale, nous avons introduit une notion de rendement (cf. PIERRE 1968 a), représentant le rapport arithmétique entre la productivité de la station et le nombre d'espèces présentes. Les valeurs apparaissent dans le tableau VIII.

St.	date des récoltes :						Moyenne
	juillet 60	oct. 60	janv. 61	avril 61	juin 61	août 61	
1	3,66	2,57	—	2,71	2,63	3,00	2,91
2	2,97	4,23	—	3,13	2,06	2,24	2,93
3	2,84	2,53	3,21	1,66	4,48	4,41	3,19
4	2,82	2,77	2,71	2,35	3,50	3,16	2,89
5	2,00	2,13	2,58	2,62	3,40	3,81	2,76
6	1,86	2,39	2,98	1,80	3,14	3,53	2,62
7	1,79	1,98	1,85	2,07	3,18	2,37	2,21
8	2,62	2,48	2,43	2,92	2,49	2,81	2,62
9	2,35	3,08	3,31	3,57	3,19	3,42	3,15
10	3,92	3,69	3,07	3,09	3,75	3,63	3,53
11	3,23	3,95	2,84	2,68	3,20	3,80	3,28

TABLEAU VIII. : Rendement des stations aux différentes dates de récolte

De l'ensemble des stations étudiées, c'est celle de l'étang du Rudlin (st. 3) qui présente le rendement le plus élevé, en juin 1961. Deux groupes de stations montrent un rendement supérieur à la moyenne, d'une part les stations 1 à 3 et d'autre part les stations 9, 10 et 11.

Les stations d'amont, situées à mi-parcours dans la Haute-Meurthe, possèdent des eaux pures de montagne, mais déjà enrichies de quelques apports organiques et minéraux (débris végétaux ou minéraux, vie animale, activité humaine limitée) bien qu'exemptes de pollution importante. Les stations de la Basse-Meurthe, au contraire, ont des eaux nettement eutrophes, et l'examen détaillé des listes montre que le rendement élevé qui en résulte est dû au grand développement atteint par un nombre limité d'espèces adaptées aux conditions du milieu.

Pour l'ensemble des stations, le rendement calculé moyen est, pour les différentes dates de récoltes :

Juillet 1960	: 2,73
Octobre 1960	: 2,89
Janvier 1961	: 2,78
Avril 1961	: 2,60
Juin 1961	: 3,18
Août 1961	: 3,29

Ces valeurs sont proches l'une de l'autre, sauf aux mois de juin et d'août 1961 où elles sont nettement plus élevées, sans que des conditions physico-chimiques particulières aient pu être relevées au cours de cette période. Lors de l'étude d'un an d'une station de la Meurthe, nous avons déjà remarqué l'existence de deux périodes favorables au développement de la florule diatomique, en automne et principalement en été (PIERRE 1968).

*
**

Cette étude d'ensemble de la Meurthe ne fait pas apparaître de variations significatives dans le nombre des espèces de Diatomées recueillies, mais nos résultats antérieurs tendent à prouver que la période hivernale est favorable à la présence d'une flore très diversifiée. Productivité et rendement sont, par contre, maximaux lors de la saison estivale et, à un degré moindre, durant l'automne. Ces résultats, complétant ceux précédemment acquis, laissent à penser que la périodicité du développement de la florule diatomique est sous la dépendance d'un facteur saisonnier non caractérisé. Il est vraisemblable que température et lumière jouent un rôle important dans ces mécanismes, mais leur action est encore fort mal comprise et l'état actuel des connaissances ne permet pas de dire s'il s'agit d'une action de seuil ou d'un mécanisme de cumul.

Nous n'avons jamais observé de mécanismes périodiques d'accumulation de substances chimiques dans les eaux courantes de la Meurthe. Les facteurs chimiques, minéralisation, pollution organique, etc., n'interviendraient ainsi que dans la sélection des espèces les plus aptes à se maintenir dans les conditions imposées par le milieu.

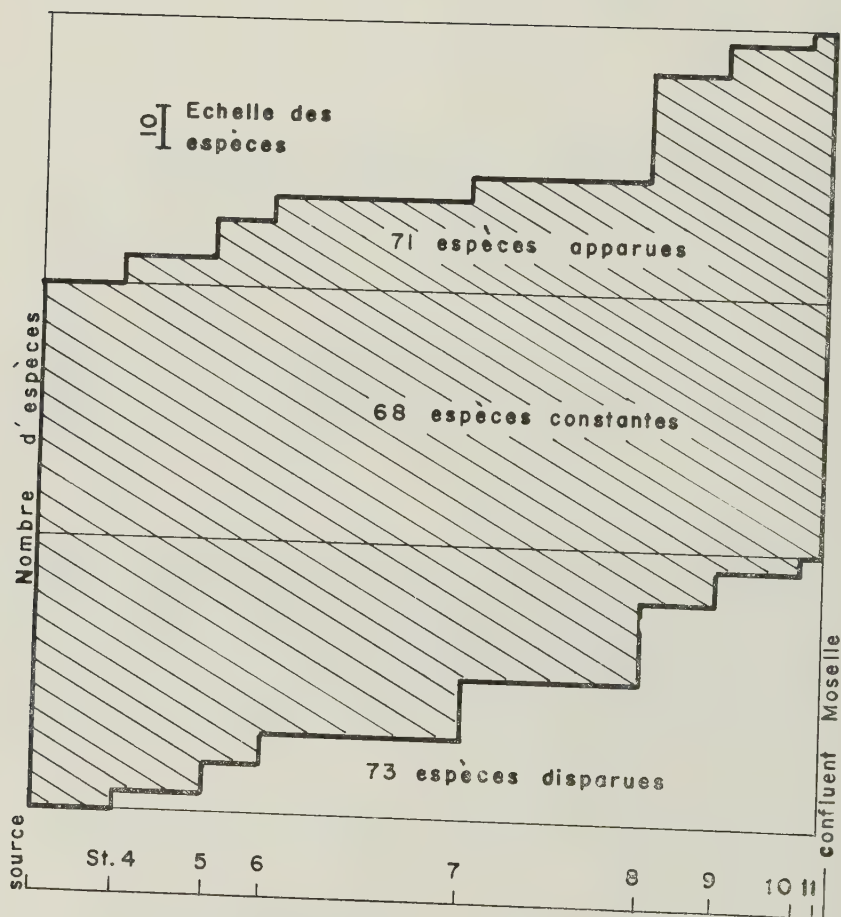


Fig. 6. — Distribution horizontale des Diatomées de la Meurthe.

II. 3. 2. Etude de la distribution horizontale des Diatomées de la Meurthe et de ses causes

a) Ensemble de la Meurthe.

Le nombre total d'espèces et de variétés recensées dans la Meurthe est de 326. Dans ce nombre figurent 68 Diatomées localisées à une seule des stations parmi celles étudiées, et 37 apparues seulement dans deux stations, le plus souvent d'ailleurs à l'état isolé. 15 Bacillariophycées, très irrégulièrement distribuées dans la rivière et le plus souvent rares n'ont pu être intégrées dans les tableaux de distribution.

Les limites de répartition des 206 espèces restantes apparaissent sur le diagramme ci-contre, où le nombre des espèces est représenté en ordonnée et l'étagement des stations en abscisse (fig. 6).

Le nombre de Diatomées présentes dans la Meurthe depuis la station 1, 2 ou 3 et jusqu'à la station 11 est de 68, parmi lesquelles figurent 12 des 14 espèces les plus abondantes des classes de présence V et IV. Dans cette liste manquent *Melosira varians* et *Rhoicosphenia curvata*, toutes deux limitées au cours moyen et inférieur de la rivière (fig. 5, page 57).

Certaines espèces se rencontrent également dans toute la rivière, mais sont toujours très rares, apparaissant souvent une seule fois par station. Ce sont, par ordre croissant de leur indice de productivité (Ip) :

Surirella tenera var. *nervosa* (Ip = 7)

Caloneis bacillum (10)

Diatoma elongatum (13)

Pinnularia microstauron var. *brebissonii* (13)

Surirella linearis (13), puis *Surirella robusta*, *S. biseriata*,

Neidium amphirhynchus, etc.

Le complément est constitué d'espèces présentes dans toute la rivière, et dont l'abondance est toujours limitée. Dans ces conditions, leur rencontre dans une station n'aura pas une grande signification écologique.

Ces 68 Diatomées, distribuées dans le cours d'eau, témoignent d'une grande diversité, tant par leur présence (de la classe I à la classe V), que par leur abondance moyenne dans les relevés (moins de 1 à plus de 8).

L'examen du diagramme de distribution montre que le nombre des espèces disparaissant définitivement en aval d'une station est compensé par l'apparition d'un nombre sensiblement égal d'espèces différentes dont le développement se poursuivra dans les stations d'aval :

Station	Nombre d'espèces :	
	Disparues	Apparues
4	5	7
5	8	11
6	8	6
7	16	6
8	22	29
9	8	8
10	6	4
	73	71

Les caractéristiques écologiques des espèces seront précisées au cours de ce travail, notamment en ce qui concerne l'influence des facteurs chlorinité, oxygénation et pH des eaux.

La station 7 (Chenevières) marque la limite d'extension vers l'aval de 16 Diatomées, dont 4 *Pinnularia* (*P. gibba* var. *parva*, *P. interrupta* fo. *minutissima*, *P. subcapitata* et var. *hilseana*), et 4 *Gomphonema* (*G. acuminatum* var. *brebissonii*, *G. gracile*, *G. lanceolatum*, *G. longiceps* var. *subclavata*) et 2 *Eunotia* (*E. veneris*, *E. tridentula* var. *perminuta*).

La station 8 (Barrage de Morteau) traduit une coupure importante dans la distribution des Diatomées, affectant 51 espèces, dont 22 disparaissant et 29 apparues.

Les espèces ne figurant plus dans la composition du phytoplancton en aval de la station 8 sont les suivantes :

Cymbella turgida
Diatoma anceps
Diatoma hiemale
Epithemia sorex
Eunotia lunaris
E. lunaris var. *subarcuata*
E. pectinalis
E. pectinalis var. *ventralis*
E. praerupta var. *bidens*
E. robusta var. *tetraodon*

Fragilaria bicapitata
F. capucina
Gomphonema acuminatum
Navicula pupula var. *mutata*
N. pupula var. *rectangularis*
Pinnularia borealis
P. mesolepta fo. *angusta*
P. microstauron
 et var. *brebissonii* fo. *diminuta*
P. viridis var. *rupestris*
Stauroneis anceps
S. anceps fo. *gracilis*

A l'exception d'*Epithemia sorex* et de *Stauroneis anceps*, toutes ces espèces sont halophobes ou oligohalobes. En regard du système saprobial, elles sont saproxènes ou polyoxybiontes. Les facteurs responsables de la disparition de ces Diatomées seront ultérieurement définis.

29 espèces, jusqu'alors absentes dans les stations d'amont, vont faire leur apparition à partir du barrage de Morteau, et rester plus ou moins abondantes dans le cours inférieur de la rivière. Ce sont :

Achnanthes brevipes var. *intermedia*
Anomoeoneis sphaerophora
Bacillaria paradoxa
Caloneis amphisbaena
Cocconeis pediculus
Cyclotella comta
Cymatopleura elliptica
C. elliptica var. *nobilis*
C. solea var. *gracilis*
Cymbella prostrata
Diatoma vulgare var. *brevis*
Fragilaria pinnata var. *lancettula*
Gomphonema olivaceum
Gyrosigma acuminatum
G. attenuatum
G. spencerii var. *nodifera*
Navicula gastrum
N. gothlandica
N. pygmaea

Neidium dubium fo. *constricta*

Nitzschia apiculata

N. dubia

N. sigmoidea

N. tryblionella

N. tryblionella var. *debilis*

N. tryblionella var. *levidensis*

N. tryblionella var. *victoriae*

N. thermalis

N. vermicularis

La plupart de ces espèces jouissent d'une grande plasticité envers la teneur en oxygène et réclament des eaux basiques ainsi qu'une faible salure pour atteindre un développement optimum. La station du barrage de Morteau possède des eaux dont la composition physico-chimique est très proche de celle de la station de Chenevières (station 7). S'il n'est pas possible d'affirmer que la composition de l'eau des stations amont est impropre à assurer le développement de ces Diatomées, il faut néanmoins constater qu'elles en sont absentes et qu'elles n'apparaîtront qu'à partir de la station 8, pour persister en aval où elles rencontreront des biotopes favorables. Elles prendront alors l'avantage sur les espèces écologiquement moins plastiques, qu'elles remplaceront.

Parmi les 29 Diatomées apparues, il y a 3 espèces euryhalobes, 2 polyhalobes, 10 mesohalobes et 13 leptomesohalobes, alors qu'une seule espèce, considérée comme oligohalobe et rencontrée plusieurs fois station 8, ne le sera qu'à deux reprises seulement en aval, où elle fait partie du plancton entraîné.

Bacillaria paradoxa est la seule espèce bien représentée parmi ces 29 Diatomées, ainsi que *Cyclotella comta* dans les stations 10 et 11, et *Nitzschia sigmoidea*, également répartie dans le cours inférieur de la Meurthe.

La station 8 joue un rôle important dans la distribution des algues de la Meurthe, influençant plus particulièrement 51 espèces, pour lesquelles elle apparaît comme une limite découpant le cours de la rivière en deux régions.

Il est d'ailleurs plus exact de parler d'une zone limite, car on peut observer deux coupures successives : l'une apparaît entre les stations 7 et 8 et se traduit par l'apparition de 29 espèces à tendance halophile,

inconnues des stations d'amont, et l'autre coupure se manifeste entre les stations 8 et 9, et concerne 22 espèces en majorité oligohalobes et polyoxybiontes, qui ne pourront supporter l'eutrophisation croissante des eaux des stations 9, 10 et 11, ce qui entraînera leur disparition.

L'étude de la distribution horizontale de l'ensemble des Diatomées de la Meurthe met en évidence la succession d'espèces se remplaçant d'amont en aval, ainsi que l'existence d'une zone de transition correspondant aux modifications importantes des caractéristiques physico-chimiques présentées par les eaux de cette partie du cours de la rivière.

*
**

b) Comportement de quelques genres.

L'examen du comportement de quelques genres choisis pour leur importance numérique ou écologique, apporte certains éclaircissements sur les mécanismes régissant la distribution des Diatomées de la Meurthe. Dans ce cas précis, nous pensons aux genres *Eunotia*, *Pinnularia*, *Nitzschia*, *Gomphonema* et *Gyrosigma* qui s'avèrent être indicateurs sensibles.

Genre *Eunotia*.

La répartition des espèces de ce genre dans les différentes stations est la suivante :

	St.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. <i>Eunotia robusta</i>				1	1*							
2. <i>E. diodon</i>				2	3	1						
3. <i>E. trinacria</i>	2	1	2	1	1							
4. <i>E. valida</i>		3	2	2								
5. <i>E. sudetica</i>				1	2							
6. <i>E. parallela</i>					1							
7. <i>E. veneris</i>		4	10	16	3	1	5					

* Ces chiffres représentent l'indice de productivité de l'espèce dans la station considérée.

	Stations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8. <i>E. robusta</i> var. <i>tetraodon</i>			2	1	3						
9. <i>E. arcus</i> var. <i>bidens</i>				1	2	1					
10. <i>E. tridentula</i> var. <i>perminuta</i>				2	1						
11. <i>E. lunaris</i>	2	3	6	5	9	3	4	2			
12. <i>E. lunaris</i> var. <i>subarcuata</i>	3	3	7	1	5	4	4	3			
13. <i>E. lunaris</i> var. <i>capitata</i> ..				2							
14. <i>E. gracilis</i>	3			2							
15. <i>E. monodon</i>				1							
16. <i>E. monodon</i> var. <i>minor</i> fo. <i>bidens</i>					1				1		
17. <i>E. formica</i>							1				
18. <i>E. praerupta</i>		2	1	3	3	3					
19. <i>E. praerupta</i> var. <i>inflata</i> .	1	1	5	8	6	4	6	3	1		
20. <i>E. praerupta</i> var. <i>bidens</i> .			4	6	7	5	4	1			
21. <i>E. pectinalis</i>	5	2	1	3		1		1			
22. <i>E. pectinalis</i> var. <i>minor</i> ..	9	9	24	16	13	4	4	4		1	1
23. <i>E. pectinalis</i> var. <i>minor</i> fo. <i>impressa</i>		6	1	2	4	3	1	2	1		
24. <i>E. pectinalis</i> var. <i>ventralis</i>			1		1			1			

Le nombre des espèces du genre, dans l'ordre des stations, est respectivement de 7, 10, 16, 20, 16, 10, 8, 8, 3, 1 et 1.

Les Diatomées numérotées de 1 à 8 et de 18 à 20 sont considérées comme nordiques-alpines ou montagnardes. Toutes sont caractéristiques des eaux vives et pures, étant halophobes ou au plus oligohalobes, et saproxènes ou polyoxybiontes.

La plus grande partie de ces espèces est cantonnée dans les stations de la Haute-Meurthe, en particulier les stations 3, 4 et 5. La distribution de ce genre laisse nettement apparaître deux zones de transition dans le cours de la rivière, d'une part entre les stations 5 et 6, ce qui correspond à la limite entre Haute et Moyenne-Meurthe, et d'autre part entre les stations 8 et 9, passage de la Moyenne à la Basse-Meurthe. 4 espèces seulement ont été recueillies dans les stations d'aval, à savoir *Eunotia monodon* var. *minor* fo. *bidens*, *E. praerupta* var. *inflata*, *E. pectinalis* var. *minor*, et fo. *impressa*. Chacune d'entre elles n'ayant été aperçue que sous forme d'exemplaire unique dans ces stations, il est possible de leur attribuer une origine allochtone.

Genre *Pinnularia*

Les 35 espèces du genre présentent la distribution suivante :

Stations 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

1. <i>Pinnularia leptosoma</i>		1	1		1						
2. <i>P. subcapitata</i>	22	11	31	17	7	4	5				
3. <i>P. subcapitata</i> var. <i>hilsea-</i> <i>na</i>	2		2	2	7	1	2				
4. <i>P. interrupta</i>			4	2	3			1			
5. <i>P. interrupta</i> fo. <i>minutis-</i> <i>sima</i>	3		2	2	7	1	2				
6. <i>P. mesolepta</i>			4	6	7	6	4	3		3	1
7. <i>P. mesolepta</i> fo. <i>angusta</i> .	1	1	1		1	1		1			
8. <i>P. polyonca</i>			1	17	2						
9. <i>P. microstauron</i>	3	3	7	5	6	5	2	1			
10. <i>P. microstauron</i> fo. <i>biun-</i> <i>dulata</i>	1										
11. <i>P. microstauron</i> var. <i>bre-</i> <i>bissonii</i>	1	1	2	3	2			2		1	1
12. <i>P. microstauron</i> var. <i>breb.</i> fo. <i>diminuta</i>		1	3	2	2	2		2			
13. <i>Pinnularia legumen</i>					1						
14. <i>P. subsolaris</i>			1		1						
15. <i>P. divergens</i>				1	1		1	1			
16. <i>P. divergens</i> var. <i>undulata</i>			1	2							
17. <i>P. episcopalis</i> var. <i>ellip-</i> <i>tica</i>				1							
18. <i>P. lata</i>					1						
19. <i>P. borealis</i>	6	3	6	6	7	4	4	2			
20. <i>P. gibba</i>	1		17	5	4	2	4	4	1	1	1
21. <i>P. gibba</i> fo. <i>subundulata</i> .			3	1	1	1			1		
22. <i>P. gibba</i> var. <i>mesogongyla</i>				1							
23. <i>P. gibba</i> var. <i>parva</i>			7	2	5	2	1				
24. <i>P. gibba</i> var. <i>linearis</i>			2								
25. <i>P. stomatophora</i>	3	2	1	2							
26. <i>P. brevicostata</i>	3	5		1							
27. <i>P. acrosphaeria</i>	5	3		5	6	2					
28. <i>P. maior</i>	4	2	3	3	5	1	1	1	1		1
29. <i>P. dactylus</i>	1		1	1	1			3	1		
30. <i>P. viridis</i>	4	3	5	4	3	3	4	4	3		3
31. <i>P. viridis</i> var. <i>sudetica</i> ...	4	3	2	4	4	2					

	Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32. <i>P. viridis</i> var. <i>rupestris</i> ..		5	3	4	5	5	4	2	1			
33. <i>P. gentilis</i>		1		2		3	2					
34. <i>P. nobilis</i>				1								
35. <i>P. streptoraphe</i>					1							

ce qui correspond respectivement dans les stations à 18, 15, 26, 26, 25, 17, 12, 13, 5, 3 et 5 espèces ou variétés différentes. Là, encore, ce sont les stations d'amont, et particulièrement celles de l'étang des Dames, de Plainfaing et de Sainte-Marguerite qui sont les plus riches en espèces différentes. En ce qui concerne l'abondance de ces Diatomées, les espèces les mieux représentées sont *Pinnularia subcapitata* (Indice de Productivité égal à 97), *P. gibba* (Ip = 40), *P. borealis* (Ip = 38). *P. viridis* et var *rupestris* (Ip de 36 et 29), *P. mesolepta* (Ip = 33), etc.

Un premier groupe, comportant 15 Pinnulaires, se rencontre uniquement entre les stations 1 à 5, c'est-à-dire dans la région correspondant à la Haute-Meurthe. 12 autres espèces sont présentes depuis la source jusqu'à la station du Barrage de Morteau, et seulement 8 pénètrent dans le cours inférieur de la rivière.

La distribution des genres *Eunotia* et *Pinnularia* met donc nettement en évidence l'existence de deux zones de coupure dans la Meurthe, déterminant ainsi trois régions coïncidant avec les divisions résultant de la nature de l'eau, à savoir la Haute, Moyenne et Basse-Meurthe.

Genre *Nitzschia*

	Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. <i>Nitzschia tryblionella</i>									3	3	4	3
2. <i>N. tryblionella</i> var. <i>victoriae</i>									1	3	10	7
3. <i>N. tryblionella</i> var. <i>levi-densis</i>									2	4	6	6
4. <i>N. tryblionella</i> var. <i>debilis</i>									5	4	1	1
5. <i>N. apiculata</i>									4	4	4	3
6. <i>N. hungarica</i>								2	3	7	5	4
7. <i>N. dubia</i>									1	4	2	1
8. <i>N. thermalis</i>									5		1	1
9. <i>N. thermalis</i> var <i>minor</i> ..				3	3	1	1					1

	Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10. <i>N. stagnorum</i>	2		3	2	6	3	3	2	4	13	9	
11. <i>N. commutata</i>										2		
12. <i>N. lacunarum</i>								1				
13. <i>N. linearis</i>	1		4	1	2	8	6	3	1	3	1	
14. <i>N. recta</i>			1		2	3	1	5	2	1	2	
15. <i>N. dissipata</i>		1	4	6	7	5	7	14	6	4	3	
16. <i>N. acuta</i>	1		3	1	1	3	4	6	1	5	3	
17. <i>N. amphibia</i>	4		1	10	2		2	33	30	14	16	
18. <i>N. subtilis</i>							1	4				
19. <i>N. palea</i>		3	3	6	7	13	13	26	5	36	31	
20. <i>N. paleacea</i>								2				
21. <i>N. sigmoidea</i>								15	16	15	11	
22. <i>N. vermicularis</i>								5	3	10	10	
23. <i>N. sigma</i>									3		1	
24. <i>N. parvula</i>							1					
25. <i>N. ignorata</i>	1				2							
26. <i>N. acicularis</i>								3			1	

La répartition des espèces de ce genre montre clairement l'existence d'une zone de transition entre les stations 7 et 8. Alors qu'il n'existe que 12 *Nitzschia* dans les eaux des stations d'amont, nous relevons la présence de 24 d'entre elles à partir et en aval de la station 8. Parmi les 29 espèces de Diatomées apparaissant à ce niveau, rappelons qu'il y avait 9 *Nitzschia* différentes.

Les deux espèces les plus abondantes sont *Nitzschia palea* et *N. amphibia*, récoltées dès les premières stations, mais ce n'est qu'à partir de la station 8 qu'elles figurent parmi les Diatomées présentes régulièrement avec une abondance notable.

Les espèces des genres *Gomphonema* et *Gyrosigma* recueillies dans la Meurthe témoigneront également de l'existence de cette zone de passage entre les stations 7 et 8. Leur distribution dans les eaux de la rivière est la suivante :

	Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. <i>Gomphonema acuminatum</i>				5	1	3	2	1	2			
2. <i>G. acuminatum</i> var. <i>coronata</i>	1	1		1	31	5	2	2	2	1		
3. <i>G. acuminatum</i> var. <i>brebissonii</i>		2	19	4	4	2	1					

	Stations 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11										
4. <i>G. acuminatum</i> var. <i>trigonocephala</i>			22		2	1					
5. <i>G. augur</i>								4	5		
6. <i>G. parvulum</i>	9	4	45	45	70	68	72	18	18	46	27
7. <i>G. parvulum</i> var. <i>micropus</i>					3		1	1			
8. <i>G. parvulum</i> var. <i>subelliptica</i>									1	1	
9. <i>G. angustatum</i>	1	2	3	4	7	5	4	4	3	1	2
10. <i>G. angustatum</i> var. <i>producta</i>	30	12	22	9	24	10	6	7	3	7	11
11. <i>G. longiceps</i>		1									
12. <i>G. longiceps</i> var. <i>subclavata</i>	4	6	1	7	3	4	1				
13. <i>G. longiceps</i> var. <i>subclavata</i> fo. <i>gracile</i>					1						
14. <i>G. lanceolatum</i>	1	3		6	2	1	3				
15. <i>G. gracile</i>	2		3	2	3		1				
16. <i>G. gracile</i> var. <i>lanceolata</i>	3		5								
17. <i>G. constrictum</i>		4		6	16	16	7	7	5	3	2
18. <i>G. constrictum</i> var. <i>capitata</i>			73						1		2
19. <i>G. bohemicum</i>				1	1						
20. <i>G. olivaceum</i>	1							7	14	6	7
1. <i>Gyrosigma acuminatum</i> ..								21	4	8	6
2. <i>G. attenuatum</i>								5	5	4	1
3. <i>G. kutzingii</i>					1	2	2	6	21	2	1
4. <i>G. spencerii</i> var. <i>nodifera</i> ..								4	2	4	3
5. <i>G. scalproides</i>					1			2	1		
6. <i>G. wansbeckii</i>										1	

Le genre *Gomphonema* est important par le nombre et l'abondance de ses espèces, avec notamment *G. parvulum* qui occupe le sixième rang parmi les espèces les plus abondantes.

Dans la Meurthe, les *Gomphonema* se développent de préférence dans les stations d'amont, où ils peuvent devenir parfois dominants, ce qui est le cas par exemple pour *G. constrictum* var. *capitata* (St. 3), *G. parvulum* (St. 5 à 7).

II. 4. CONCLUSION A L'ÉTUDE DES POPULATIONS ALGALES DE LA MEURTHE

L'étude systématique des populations algales de cette rivière nous a livré un nombre élevé d'espèces et de variétés d'Algues, les Diatomées représentant pour leur part la fraction la plus importante de cette flore. L'analyse des peuplements montre qu'un nombre limité d'espèces est responsable de la majeure partie de la production algale des stations, et qu'il existe un nombre considérable de Diatomées rares ou très rares.

Nous avons précédemment évoqué les successions de populations décrites par MARGALEF (PIERRE 1968 b) et nous avons utilisé ce mécanisme pour expliquer la dominance des Diatomées. Il n'apparaît pas, dans la Meurthe, de successions de populations dans le temps, mais il se produit un remplacement, une succession de populations diatomiques dans l'espace, entre l'amont et l'aval. Chaque portion de la rivière sera ainsi caractérisée par une population stable, composée d'un lot d'espèces communes à toutes les stations, et d'un lot de formes plus ou moins strictement adaptées au milieu, caractéristiques de chaque portion du cours d'eau.

La répartition des Algues siliceuses dans les différentes stations de récolte, de même que l'évolution de leur abondance, traduit l'existence de coupures floristiques coïncidant remarquablement avec les grandes divisions découlant de la nature physique et chimique des eaux.

La répartition des Diatomées appartenant aux genres *Eunotia*, *Pinnularia*, *Nitzschia*, *Gomphonema* et *Gyrosigma*, permet de confirmer la réalité des différents territoires reconnus dans la Meurthe. Les zones de transition sont marquées par la disparition ou le remplacement de certaines espèces.

Les genres *Eunotia*, *Pinnularia* et *Gomphonema* présentent leur développement optimum dans le cours supérieur et moyen de la rivière, et leur distribution fait ressortir deux coupures : l'une entre les stations de Sainte-Marguerite et de Saint-Michel-sur-Meurthe (stations 5 et 6), qui correspond à la distinction hydrologique des cours supérieur et moyen, et l'autre entre les stations du Barrage de Morteau et du Pont Varroy (stations 8 et 9), autrement dit entre la Moyenne et la Basse-Meurthe.

La distribution du genre *Gomphonema* dans les eaux de la Meurthe fait également apparaître une zone de transition, mais dont les limites

sont moins précises que précédemment : 9 espèces disparaîtront en aval de la station 7, alors que 2 seulement feront leur apparition station 8. Il est également possible de considérer que 11 *Gomphonema* ne dépasseront pas l'aval de la station 8, qu'aucune espèce spécialement adaptée ne fera son apparition, et que les 9 espèces présentes dans ces stations d'aval sont des formes très tolérantes distribuées dans tout le cours de la rivière.

La répartition des genres *Nitzschia* et *Gyrosigma* est plus caractéristique, et les espèces montrent une préférence très nette pour les stations d'aval, à partir du Barrage de Morteau inclus. Dans ce cas, la zone de passage peut être fixée entre les stations 7 et 8.

*
**

L'étude de la systématique, de la périodicité et de la distribution de la florule diatomique de la Meurthe nous a fait suivre le déroulement d'une expérimentation naturelle intéressant le cours de la rivière. Nous avons assisté aux modifications apparues dans la composition floristique du phytoplancton des stations, sous l'influence des variations du milieu. Différentes zones se sont ainsi dégagées, habitées par des populations homogènes, et séparées par des zones de transition. Nous avons démontré, et c'est un point important de ce travail, la remarquable concordance entre les coupures floristiques ainsi mises en évidence, et les coupures écotopiques relevées sur la base des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

L'existence de la zone de transition située entre les stations 5 et 6 s'explique simplement. Les différences, tant dans la nature du milieu que dans la composition du phytoplancton, sont suffisamment nettes et s'accompagnent, nous le préciserons par la suite, de variations écologiques importantes.

L'ensemble de la Haute-Meurthe et de ses affluents correspond à une zone homogène (carte pag. 17). Par suite de l'uniformité géologique du substrat, les eaux de cette région ont une composition chimique très voisine, ce que confirment les résultats de NISBET (1958) et nos propres observations. Les populations diatomiques se développant dans ces eaux seront également proches, et les apports planctoniques à partir des lieux de développement seront, eux aussi, homogènes.

A partir de Saint-Dié, entre les stations 5 et 6, la Meurthe reçoit des eaux ruisselant sur les terrains du Trias moyen (Muschelkalk).

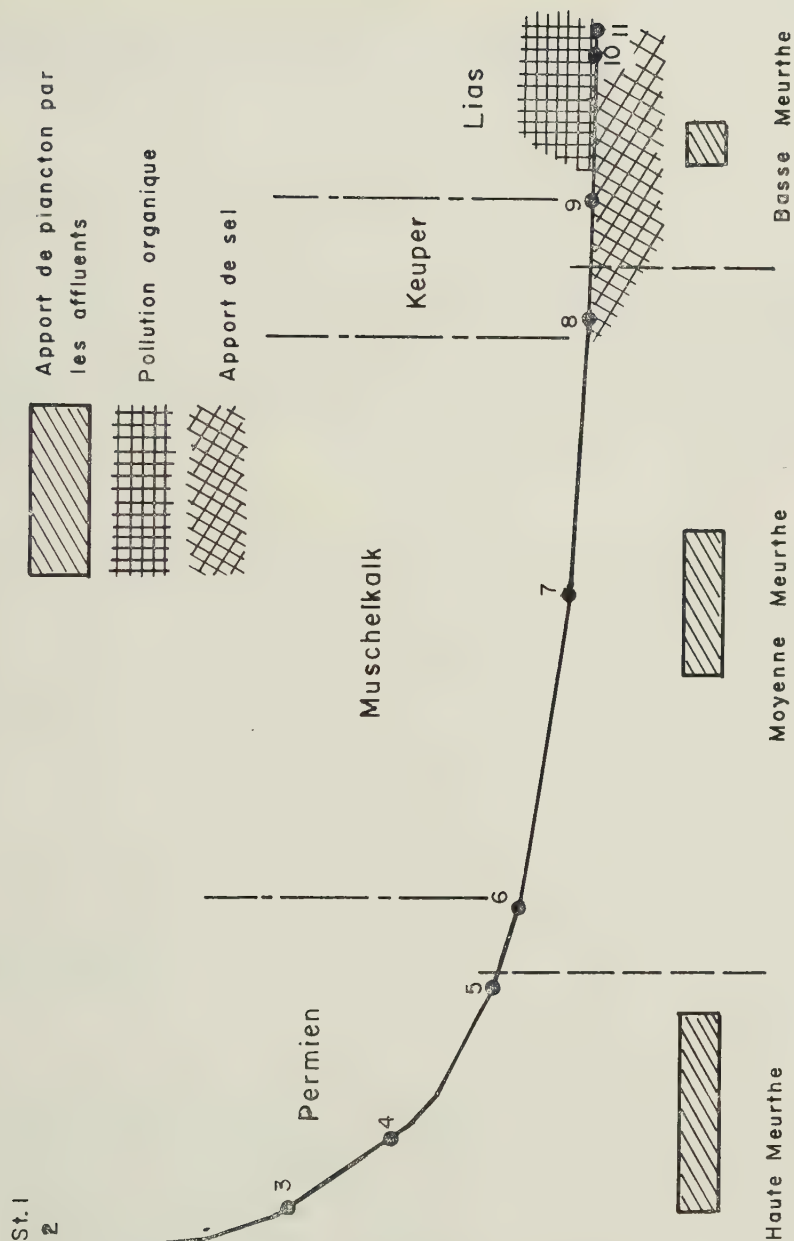


Fig. 7. — Rapports entre les éléments biologiques et structuraux de la Meurthe.

Ceci se traduit par une modification dans la nature physico-chimique de l'eau et par une modification de la florule algale. Celle-ci résulte de changements d'espèces parmi les populations diatomiques se développant dans le lit de la rivière, auxquels s'ajoutent des apports d'un plancton nouveau par les affluents.

La deuxième zone de transition est située au niveau du Barrage de Morteau (station 8), et recouvre la bordure extérieure du gisement de sel des marnes irisées. Les apports de saumure seront possibles, soit à partir de ces terrains, soit à partir de ceux, plus profonds, du groupe de l'Anhydrite. Au niveau du sol, la station se trouve sur les marnes irisées, celles-ci étant salées. La différence de salinité entre les terrains du Muschelkalk et ceux du Keuper, ainsi que les apports par le sous-sol, expliquent l'augmentation de la teneur en chlorure des eaux de la station.

Cette évolution de la chlorinité permet de comprendre les modifications survenues dans la composition floristique de la station 8. Certaines espèces, les plus sensibles, n'ont pu tolérer l'élévation de la minéralisation et se sont trouvées éliminées. Par contre, le repeuplement était assuré par des espèces demandant ce minimum de sel, et dont le maintien ne peut s'expliquer que par l'existence de niches écologiques dans le lit de la rivière, ou à proximité mais faisant appel dans ce cas à des mécanismes de transport.

La composition du phytoplancton de la Basse-Meurthe ne sera guère modifiée par les apports de ses tributaires, ceux-ci étant peu nombreux et d'importance limitée (carte page 17). Ces apports, ainsi que l'existence des niches écologiques, assurent la persistance apparente d'espèces dans des conditions de milieu très éloignées de leurs exigences écologiques habituelles, ce que nous avons déjà plusieurs fois relevé (PIERRE 1965, 1968 a, b).

Dès cette station du Barrage de Morteau, et dans la portion aval du cours d'eau, les espèces vont se trouver face à deux barrières successives : l'une est due au sel, dont la teneur s'élèvera rapidement pour atteindre un maximum en aval (Pont Varroy). L'autre résulte d'une brutale augmentation de la pollution organique dans les stations de Bouxières et de Custines (fig. 7). Ces deux barrières vont jouer le rôle de cribles assurant la disparition de certaines espèces,

alors que celles qui poursuivent leur développement vers l'aval resteront soumises, sur leur parcours, à l'influence isolée ou simultanée de ces deux facteurs.

Dans ces conditions, un nouveau mécanisme, la valence écologique des espèces, va intervenir dans la composition et l'évolution du phytoplancton. La physionomie floristique d'une station sera le reflet des réponses de l'ensemble des espèces présentes.

Les résultats de l'expérimentation naturelle mise en évidence dans la Meurthe nous ont permis de réexaminer les données écologiques actuellement connues, et de préciser, à l'aide d'observations faites sur ce milieu d'eau courante, l'écologie des populations algales de la Meurthe.

III

AUTOECOLOGIE DES DIATOMEES
DE LA MEURTHE

III. 1. ETUDE ECOLOGIQUE GÉNÉRALE

Très tôt, les Algologues se sont aperçus que certaines espèces d'Algues se retrouvaient régulièrement dans des types de milieux bien définis et pouvaient être utilisées pour les caractériser. Des listes plus ou moins conformes, basées sur les besoins écologiques des espèces, furent établies, la présence de ces Algues dans une station devant renseigner sur la nature de l'eau. Cependant, comme le rappelait encore récemment CHOLNOKY (1960), l'apparition dans une station d'un exemplaire isolé n'avait que peu ou pas de signification écologique, car les variations résultant des modifications d'un ou plusieurs facteurs, n'étaient révélées que si ces modifications dépassaient les limites de la valence écologique de l'espèce considérée. Cette notion de valence écologique est relativement récente, et beaucoup d'Auteurs l'ont négligée. Ainsi, bien que certains groupes d'Algues aient été étudiés de ce point de vue (VILLERET 1954), il reste beaucoup à faire, particulièrement dans le domaine des eaux courantes.

Les Algues non siliceuses de la Meurthe, jamais abondantes dans les stations visitées, ont fait l'objet d'une étude séparée (PIERRE 1968 b). Les espèces recueillies correspondaient soit à des formes épisodiques, parfois rencontrées dans des stations réputées peu favorables, soit à des espèces écologiquement peu significatives, car très plastiques et distribuées dans toute la rivière.

L'importance de la florule diatomique, et les variations sensibles enregistrées dans la nature physico-chimique des eaux, nous ont permis de préciser l'autoécologie de certaines espèces. Pour diverses formes très plastiques, il nous a été possible de discuter leur valence écologique et les limites de leur plage de développement. Nous avons tenu compte, dans cette partie de notre travail, des renseignements épars apportés par différents Auteurs et de nos propres résultats concernant la distribution et l'écologie de nombreuses Diatomées des eaux lorraines (PIERRE 1965, 1968 a).

L'influence propre de quelques facteurs, pH, salinité, pollution organique, a été étudiée, ainsi que la répartition géographique des Diatomées récoltées. La composition favorable des eaux de la Meurthe nous a conduit à détailler le comportement des Bacillariophycées dans le cadre des systèmes dits des « Saprobies » et des « Halobies ».

III. 1. 1. Le système des Saprobie

Le premier travail de synthèse ayant donné des résultats utilisables dans le domaine de la pollution des eaux douces fut celui de KOLKWITZ et MARSSON, en 1908. Ces deux auteurs distinguaient dans le système dit saprobial, 4 catégories d'eaux, d'après le degré de pollution : les zones polysaprobe, très souillée, mesosaprobe (α - mesosaprobe à forte pollution et β - mesosaprobe, moins polluée) et oligosaprobe à faible souillure, auxquelles ils ajoutaient par la suite la zone de catharobie, pour les eaux très pures. Les limites imprécises de ces zones étaient fondées sur les teneurs en matières organiques demandées ou supportées par les Etres vivants peuplant le milieu, ceux-ci étant désignés comme polysaprobies, mesosaprobies, oligosaprobies ou catharobies. THIENEMANN précisait par la suite (1950, in HUSTEDT 1957) que ces groupes renfermaient non seulement des espèces localisées aux stations saprobies (coeno - (sapro -) biontes), mais aussi des espèces préférant ces stations tout en ayant la possibilité d'apparaître en d'autres lieux (espèces coeno - (sapro -) philes). De ce fait une espèce ne pouvait et ne devait être considérée comme caractéristique d'une zone de saprobie que lorsqu'elle s'y développait massivement.

Quelque dix ans après la publication de KOLKWITZ et MARSSON paraissait un autre système, dit trophique, inspiré des travaux de THIENEMANN (1918) et NAUMANN (1919). Les bases de ce système reposaient sur la teneur de l'eau en substances dissoutes et non plus seulement sur la quantité de matières organiques présentes. On séparait ainsi des eaux dystrophes, riches en acides humiques mais pauvres en calcaire, des eaux oligotrophes pauvres en substances nutritives, et des eaux eutrophes, riches en calcaire, en acide carbonique, et d'une façon générale en matières dissoutes. On considère actuellement que la teneur en oxygène joue un rôle décisif en limnologie et, suivant les conceptions de HUSTEDT (1957), les Diatomées doivent être considérées comme des oxybiontes. Les zones de pollution correspondent en effet à une consommation plus ou moins importante d'oxygène, et celui-ci sera le facteur limitant pour la présence des Algues siliceuses. La zone de polysaprobie, rassemblant des eaux très fortement souillées (α - mesosaprobies *pro-parte* et polysaprobies), de type eaux d'égouts, se reconnaîtra aux critères suivants : un taux d'oxygène très bas, en corrélation avec une teneur élevée en CO_2 , une dominance des phénomènes de réduction, et une grande richesse en azote sous différentes formes. Les fermentations anaérobies seront importantes et l'on remarquera l'abondance des formations dites « queues de mouton », constituées d'un agrégat de Bactéries et de Champignons.

Les Algues, végétaux chlorophylliens, sont autotrophes, mais il leur est possible, au moins pour certains, et à certaines périodes, de se comporter en hétérotrophes (CHOLNOKY 1960, VILLERET 1965), ou en mixotrophes (HUSTEDT 1957) : si la plupart des Diatomées vivent en autotrophes, celles prospérant dans les eaux souillées auront la faculté d'utiliser, au moins partiellement, les substances organiques, tout comme les organismes hétérotrophes. Les rares espèces de Bacillariophycées reconnues polysaprobies correspondent à cette catégorie, et HUSTEDT estime que le terme de saprophyte leur est, dans ce cas, applicable en toute justice. Ces Diatomées seront ainsi sténoplastiques pour l'oxygène et oligo-coxybiontes, les stades ultimes de la pollution s'avérant d'ailleurs complètement privés de ces Algues. A côté des espèces adaptées à la vie en milieu pollué il sera possible de rencontrer des Algues juste capables de supporter une anaérobiose temporaire ; si une auto-épuration rapide ou une dilution ne remédie pas au déficit d'oxygène, elles ne tarderont pas à mourir, et leurs frustules vides s'ajouteront aux débris divers qui constituent la majeure partie du plancton des grands cours d'eau.

Les formes mesosaprobies seront représentées soit par des espèces localisées à un certain degré de saprobie et sténoplastiques vis-à-vis de la teneur en oxygène, appelées meso-coxybiontes, soit, ce qui est le cas le plus fréquent, par des formes très euryplastiques envers l'oxygène, supportant des souillures très différentes ainsi que des variations brutales de la pollution, ce seront les euryoxybiontes. Ces dernières renfermeront aussi certaines des espèces jadis classées comme oligosaprobies.

Les organismes vivant dans la zone d'oligosaprobie, mais qui ne lui seront pas strictement liés et qui pourront accepter des eaux pures, ainsi que ceux de la zone de catharobie, seront appelés saproxènes, ou encore polyoxybiontes. Ils pourront être définis comme des organismes d'eaux pures, certains étant capables de tolérer une faible souillure occasionnelle.

Selon les cas, la teneur en oxygène des eaux apparaîtra ainsi comme une limite soit demandée, soit acceptée.

Un tel système, lié à la teneur de l'eau en oxygène dissous, est d'emploi commode, bien que l'action directe de cet élément sur les Algues soit encore mal connue. Les pollutions organiques se traduisant par une consommation plus ou moins importante d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques, plus une eau sera polluée, et plus faible sera sa teneur en O_2 dissous. Un dosage de ce gaz renseignera directement sur l'état de pollution d'une eau et sur sa capacité

biologique ; ceci augmentera l'intérêt de ce système, devenu ainsi applicable aux divers organismes peuplant ce biotope, faune y compris.

Un point commun à ces différents systèmes est l'absence de limites précises, quantitatives ou qualitatives. La distinction des différents degrés de ce que l'on appelle la pollution repose sur des données subjectives (eau « sale » ou eau « propre ») ou sur des données physico-chimiques souvent sommaires, telles que la saturation en oxygène (avec la réserve faite ci-dessus), la quantité de matières organiques présentes (mais que dose-t-on ?), ou encore la quantité de substances dissoutes, sans qu'il soit le plus souvent tenu compte de leur nature. Aussi FJERDINGSTADT (1965), après avoir mis en doute la valeur des espèces indicatrices pour la détermination des zones de pollution, ramène la valence saprobiale des espèces à 4 degrés, à savoir saprobionte, saprophile, saproxène et saprophobe, mais sans pouvoir, là non plus, avancer des indications précises sur la nature ou l'importance des éléments polluants.

Nous avons montré l'existence, entre la source et le confluent de la Meurthe, d'un gradient de pollution déterminant d'amont vers l'aval 3 zones de plus en plus souillées, caractérisées par une augmentation des teneurs en matières organiques, azote ammoniacal, phosphates, chlorures, et une diminution de la concentration en oxygène dissous. Si l'étude de la distribution des Diatomées de la Meurthe nous a permis d'illustrer la concordance existant entre les coupures écotopiques et floristiques, il ne nous a pas été possible de préciser, pour les différentes zones de pollution, les limites numériques des teneurs en éléments. Cependant, à partir de nos observations personnelles, et compte tenu des données relevées dans la littérature, nous proposons de reconnaître, parmi la florule diatomique de la Meurthe, plusieurs groupes appartenant à des zones de pollution distinctes, mais sans leur accorder, dans l'état actuel des connaissances, valeur de groupement floristique.

LISTE DES ESPECES INDICATRICES DE POLLUTION.

Dans les listes suivantes figurent des espèces qui, d'après leur comportement, paraissent liées à une certaine pollution de l'eau. Avant de les citer, nous voudrions cependant rappeler que la présence de l'une ou de l'autre de ces Algues, ne présente que peu de signification en valeur absolue. Il en sera ainsi tant que des études nombreuses et

détaillées ne permettront pas de préciser la valence écologique exacte des espèces, et de démêler l'influence propre de tous les facteurs écologiques du milieu.

GRUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE POLYOXYBIONTE

Dans cette catégorie se rangeront les Diatomées demandant un taux élevé d'oxygène dissous, pouvant même dépasser largement le taux de saturation. À côté des formes polyoxybiontes, se placent des espèces dites saproxènes (HUSTEDT 1957), encore capables de se développer en présence d'une très faible souillure de l'eau.

Espèces saproxènes :

Melosira italica, *M. distans* var. *lirata* fo. *lacustris*

Cyclotella stelligera

Eunotia robusta et var. *tetraodon*, *E. diodon*, *E. praerupta* et var. *inflata* et var. *bidens*, *E. arcus* var. *bidens*, *E. trinacria*, *E. valida*, *E. tridentula* var. *perminuta*, *E. sudetica*, *E. parallela*, *E. gracilis*, *E. monodon* et var. *maior* fo *bidens*,

Cocconeis diminuta

Achnanthes lapidosa

Diploneis elliptica

Frustulia rhomboides var. *saxonica* et var. *amphipleuroides*

Stauroneis smithii, *S. acuta*, *S. pygmaea*

Navicula cocconeiformis, *N. pseudoscutiformis*

Pinnularia leptosoma, *P. subcapitata* et var. *hilseana*, *P. interrupta* fo. *minutissima*, *P. polyonca*, *P. legumen*, *P. subsolaris*, *P. divergens* et var. *undulata*, *P. episcopalis* var. *elliptica*, *P. lata*, *P. stomatophora*, *P. brevicostata*, *P. streptoraphe*

Caloneis bacillum

Neidium bisulcatum et fo. *subundulata*, *N. affine* var. *longiceps*, *N. productum*

Cymbella cuspidata, *C. gracilis*, *C. aspera*, *C. helvetica*

Gomphonema augur et var. *gautierii*, *G. longiceps* et var. *subclavata*, *G. bohemicum*

Epithemia zebra et var. *saxonica*, *E. turgida* et var. *granulata*, *E. sorex*

Surirella biseriata et var. *bifrons*

Espèces polyoxybiontes :

- Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*
Meridion circulare et var. *constricta*
Diatoma hiemale et var. *mesodon*, *D. anceps*
Fragilaria capucina, *F. harrissonii*, *F. virescens* et var. *elliptica*,
F. bicapitata
Ceratoneis arcus et var. *amphioxys*
Synedra acus, *S. parasitica*
Eunotia pectinalis et var. *minor* et fo. *impressa*, et var. *ventralis*,
E. veneris, *E. lunaris* et var. *subarcuata*
Cocconeis placentula et var. *euglypta*, et var. *klinoraphis*; et var.
lineata
Achnanthes exigua, *A. coarctata*
Navicula laterostrata, *N. placentula*, *N. exigua*, *N. oblonga*
Pinnularia interrupta, *P. mesolepta* et fo. *angusta*, *P. microstauron*,
P. borealis, *P. gibba* et fo. *subundulata*, *P. dactylus*, *P. wernerii*, *P. viridis* var. *sudetica*, *P. gentilis*, *P. nobilis*
Neidium affine var. *amphirhynchus*, *N. iridis* et var. *vernalis* et var.
amphigomphus, *N. dubium* et fo. *constricta*
Gyrosigma spencerii var. *nodifera*, *G. scalproides*
Cymbella ehrenbergii, *C. naviculiformis*, *C. turgida*, *C. sinuata*,
C. affinis, *C. lanceolata*, *C. tumida*
Gomphonema acuminatum et var. *coronata* et var. *brebissonii* et
var. *trigonocephala*, *G. lanceolatum*, *G. gracile* et var. *lanceolata*
Nitzschia angustata var. *acuta*, *N. recta*, *N. subtilis*, *N. vermicularis*,
N. ignorata
Surirella turgida, *S. robusta* et var. *splendida*, *S. tenera* et var.
nervosa, *S. capronii*, *S. elegans*.

GROUPES D'ESPÈCES A CARACTÈRE MESOOXYBIONTE

Le développement des espèces de ce groupe apparaît perturbé en cas d'excès ou de défaut d'oxygène (formes sténoplastiques pour O₂). Il est possible de leur rapprocher des espèces euryoxybiontes peu sensibles à l'action de cet élément et réparties pour cela dans tout le spectre d'oxygénation des eaux.

Espèces mesooxybiontes :

Melosira ambigua
Coscinodiscus lacustris
Diatoma elongatum
Stauroneis anceps et fo. *gracile* et fo. *linearis*
Navicula mutica, *N. bacillum* et var. *gregoryana*, *N. pupula* et var. *capitata* et var. *elliptica*, *N. crucicula*, *N. protracta*, *N. hungarica* et var. *capitata*, *N. cincta*, *N. radiosa*, *N. gracilis*, *N. menisculus*, *N. pygmaea*
Caloneis permagna, *C. silicula* et var. *truncatula*
Nitzschia tryblionella et var. *levidensis*, *N. apiculata*, *N. hungarica*, *N. dubia*, *N. stagnorum*, *N. commutata*, *N. linearis*, *N. sigma*, *N. parvula*, *N. obtusa* var. *scalpelliformis*, *N. acicularis*
Cymbella elliptica et var. *nobilis*
Surirella ovalis

Espèces euryoxybiontes :

Diatoma varians
Cyclotella meneghiniana, *C. kutzingiana*, *C. comta*
Stephanodiscus astraea
Diatoma vulgare et var. *brevis* et var. *grandis* et var. *producta*
Fragilaria construens et var. *binodis*, *F. pinnata* et var. *lancettula*
Synedra ulna et var. *oxyrhynchus*, *S. vaucheriae* et var. *truncata* et var. *capitellata*
Achnanthes lanceolata var. *capitata* et var. *rostrata*, *A. brevipes* et var. *intermedia*
Rhoicosphenia curvata
Diploneis ovalis et var. *oblongella*
Frustulia rhomboides, *F. vulgaris*
Anomoeoneis sphaerophora
Stauroneis phoenicenteron
Navicula cuspidata et var. *ambigua*, *N. cryptocephala* var. *veneta*, *N. gothlandica*, *N. rhynchocephala*, *N. viridula*, *N. dicephala*

Pinnularia microstauron var. *brebissonii* et fo. *diminuta*, *P. acrosphaeria*, *P. maior*, *P. viridis* et var. *rupestris*
Caloneis amphisbaena, *C. schumanniana*
Gyrosigma attenuatum, *G. acuminatum*
Amphora ovalis et var. *pediculus*.
Cymbella prostrata, *C. ventricosa*, *C. cistula* et var. *maculata*
Gomphonema parvulum et var. *subelliptica* et var. *micropus*, *G. angustatum* et var. *producta*, *G. constrictum* et var. *capitata*
G. olivaceum
Rhopalodia gibba, *R. gibberula*
Bacillaria paradoxa
Nitzschia tryblionella var. *victoriae* et var. *debilis*, *N. thermalis* et var. *minor*, *N. dissipata*, *N. acuta*, *N. amphibia*, *N. sigmoidea*
Cymatopleura solea et var. *gracilis*, et var. *regula* et var. *apiculata*
Surirella linearis et var. *constricta*, *S. ovata* et var. *pinnata* et var. *salina*

GROUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE OLIGOXYBIONTE

Les eaux pauvres en oxygène ne renfermeront qu'une florule diatomique très limitée en espèces. A côté d'Algues s'accommodant d'une oxygénation restreinte, qui d'ailleurs ne contrarie par leur développement, il peut se rencontrer diverses espèces, capables d'hétérotrophie au moins partielle et considérées comme saprophytes.

Espèces oligooxybiontes :

Melosira granulata et var. *angustissima*
Hantzschia amphioxys
Nitzschia palea

Espèces saprophytes :

Navicula cryptocephala, *N. pygmaea*
Gomphonema parvulum
Hantzschia amphioxys
Nitzschia palea
Surirella ovata et var. *pinnata* et var. *salina*

Le fait que ces espèces puissent se développer dans différentes catégories d'eau montre que leur caractère saprophyte n'est pas constant et qu'il peut correspondre à une réponse temporaire à des conditions de milieu défavorables.

III. 1.2. Le système des Halobies

Très tôt, les Diatomistes ont reconnu l'existence d'espèces saumâtres et même marines dans les formations aquatiques continentales riches en sel. Pour la Lorraine, nous rappellerons les travaux de LEMAIRE (1894), GOMONT (1908), PERAGALLO (1923) et ROESCH (1927) ainsi que nos propres recherches (1961, 62, 65 a, 65 b, 68 a, 68 b).

Dans le domaine de l'Algologie, les premiers essais de classification cohérente des eaux en fonction de leur teneur en sel sont dûs à KOLBE, en 1927. Cet auteur créait trois catégories d'eaux, caractérisées par des Diatomées spécifiques : euhalobes pour les formes demandant de 30 à 40 g/l. de sel, mesohalobes utilisant de 5 à 20 g/l. et oligohalobes pour celles atteignant un développement optimum pour une concentration inférieure à 5 g/l. Parmi ces espèces oligohalobes, KOLBE distinguait des formes halophiles, indifférentes et halophobes, et précisait que les chiffres donnés ne représentaient qu'une approximation grossière.

Cette classification était par la suite reprise et remaniée par REDEKE (1928-29), puis VALINKANGAS en 1933 (in HUSTEDT 1957). Ce dernier distinguait 4 zones dans les eaux saumâtres, à partir des limites de REDEKE : 0,2 - 2 - 8 - 16,5 et 30 g/l. de chlorures. En 1943, MÖLDER publiait un important mémoire sur la flore diatomique du Pojo-Bucht, consacrant une large place à l'étude de l'influence des chlorures. Les eaux étaient ainsi séparées :

1. Eaux salées, plus de 30 ‰ de sel :
 - lacs et sources salés
 - eau de mer
2. Eaux saumâtres, 0,2 à 30 ‰ :
 - polyhalines, 16,5 à 30 ‰
 - pleiohalines, 8 à 16,5 ‰
 - meiohalines, 2 à 8 ‰
 - oligohalines, 0,2 à 2 ‰
3. Eaux douces, moins de 0,2 ‰ de sel.

Diverses coupures et groupements supplémentaires sont ajoutés à cette classification par WERNER (1966). En particulier, dans les eaux douces (Ahalines), cet Auteur distingue des eaux hypohalines (moins de 70 mg/l. de sel) et synhalines (70 à 200 mg/l). Enfin, SIMONSEN (in ARNDT 1966) crée toute une série de termes, mais en considérant seulement deux grands groupes : les formes d'eau salée acceptant les

eaux saumâtres, et les formes d'eau douce pénétrant en eau saumâtre. La catégorie des Diatomées spécifiques des eaux saumâtres n'est pas mentionnée. Il est cependant certain que de nombreuses formes ont leur optimum de développement dans ces eaux, sans être totalement absentes des autres milieux, et ne trouvent ainsi pas place dans cette classification. Aussi ARNDT et coll. font-ils souvent appel au système original de KOLBE.

Dès 1927 KOLBE reprochait à REDEKE le choix arbitraire des limites de salinité. Cependant la limite inférieure de 5 ‰ proposée pour les espèces mesohalobes était bien trop élevée, et REDEKE, VALINKANGAS et enfin HUSTEDT imposaient celle de 0,2 ‰.

HUSTEDT, dans un magistral travail de synthèse, et partant de travaux antérieurs, y compris ceux de THIENEMANN (1950, in HUSTEDT 1957) proposait en 1957 la classification suivante :

1. Polyhalobes

— teneur en sel de 30 ‰ ou plus. Les espèces euryhalines descendent en-dessous de cette valeur.

2. Mesohalobes

— euryhalines mesohalobes, de 0,2 à 30 ‰

— α - mesohalobes (minimum de sel d'environ 10 ‰)

— β - mesohalobes (environ 0,2 à 10 ‰)

3. Oligohalobes (moins de 0,2 ‰)

— halophiles

— indifférentes

4. Halophobes ou haloxènes.

Cette distribution systématique des eaux en fonction de leur teneur en sel, telle que la propose HUSTEDT, a le grand mérite, en plus de sa clarté, de couvrir tout le domaine des eaux. Les limites proposées sont précisées être approximatives, ce que confirme parfaitement l'observation ; la plasticité des Algues microscopiques est grande, et il est illusoire de vouloir les enfermer dans un cadre trop étroit défini par l'action d'un seul facteur chimique.

Nos recherches, portant sur les eaux oligohalines et β - mesohalines de la Meurthe, nous ont permis de suivre le comportement des Diatomées en fonction de la teneur en sel. Il nous est alors apparu qu'il

existait un trop grand écart entre les espèces oligohalobes et les espèces β - mesohalobes : dans les eaux que nous avons étudiées, de très nombreuses espèces, considérées par HUSTEDT (1949, 1957) comme oligohalobes, prospéraient fort bien pour des teneurs en sel de l'ordre de 3 à 4 g/l., et devenaient ainsi homologues des espèces oligohalobes dans le sens donné par KOLBE. Quoique répugnant à compliquer une classification établie, il nous a semblé indispensable d'introduire une division complémentaire au sein des espèces β - mesohalobes : les espèces *pachymesohalobes* renfermeront les espèces *nettement mesohalobes* (ou β - mesohalobes fortes), exceptionnelles dans les eaux faiblement saumâtres, et les *leptomesohalobes* (ou β - mesohalobes faibles) celles des eaux à peine salées. La limite de ces deux groupes se placerait légitimement vers une teneur en sel de 5 ‰.

Le terme d'euhalobe a servi à désigner d'abord des formes strictement marines (KOLBE 1927) puis, après remplacement par le terme polyhalobe (HUSTEDT 1953), fut appliqué aux espèces poly - et meso - halobes. Dans cette hypothèse, euhalobe peut être supplanté par halobionte, qui désignera des formes halophiles vivant en eau saumâtre et salée, à partir de 0,2 g/l., donc poly - et mesohalines. Les espèces mesohalobes euryhalines peuvent apparaître pour toutes les concentrations en sel comprises entre 0,2 et 30 ‰, sans que leur présence soit obligatoire dans toute l'étendue du spectre des chlorures.

Les eaux douces seront peuplées par des espèces oligohalobes et halophobes, ainsi que par certaines espèces euryplastiques pour le sel, apparaissant déjà dans ces eaux douces mais ayant leur optimum pour une salinité plus élevée. Des Diatomées oligohalobes halophiles, demandant un minimum de sel pour atteindre un développement optimum, pénétreront partiellement les eaux β - mesohalines. Les formes d'eau douce, qui supporteront une certaine teneur en sel, mais sans que celle-ci agisse sur elles en stimulant leur croissance, seront appelées oligohalobes indifférentes. Par contre, le terme d'euryhalobe s'appliquera à des Diatomées qui présenteront un développement maximum pour une certaine concentration en sel, mais qui seront susceptibles d'apparaître en eau totalement douce ou au contraire salée.

La distribution des Diatomées en fonction de la teneur en sel du milieu se schématise ainsi :

POLYHALOBES	Polyhalobes euryhalines	$\geq 30 \text{ ‰}$
	Polyhalobes	$\geq 30 \text{ ‰}$

MESOHALOBES	Mesohalobes euryhalines 0,2 à 30 % α - Mesohalobes 10 à 30 % β - Mesohalobes pachymesohalobes 5 à 10 % leptomesohalobes 0,2 à 5 %
OLIGOHALOBES	0 à 0,2 % Halophiles Indifférentes
HALOPHOBES	

GROUPES D'ESPÈCES A CARACTÈRE POLYHALOBE

Les espèces de ce groupe n'atteignent leur développement optimum que dans des eaux fortement saumâtres ou salées, ou même sursalées. On distingue ainsi des formes polyhalobes, stenohalines pour des teneurs en chlorures égales ou supérieures à 30 ‰, et des formes polyhalobes euryhalines, encore appelées euryhalobes, qui seront susceptibles de supporter des salinités s'écartant très largement de la valeur moyenne de 30 ‰.

Dans les listes suivantes, nous avons tenu compte des espèces que nous avons recueillies en d'autres circonstances dans la Meurthe, à la station du Pont Varroy (PIERRE 1965 b, 1968 a).

Espèces polyhalobes :

Cyclotella striata
Coscinodiscus antiquus, *C. kutzingii*, *C. curvatulus* var. *minor*, *C. tabularis* var. *egregius*, *C. perforatus*, *C. apiculatus*, *C. asteromphalus*, *C. oculus-iridis*,
Actinocyclus ehrenbergii var. *tenella*
Hemidiscus cuneiformis
Synedra affinis var. *obtusa*
Cocconeis scutellum
Achnanthes brevipes
Anomooneis sphaerophora
Navicula pygmaea
Gyrosigma wansbeckii
Amphiprora alata
Rhopalodia gibberula
Nitzschia macilenta, *N. sigma*, *N. obtusa* var. *scalpelliiformis*

Parmi ces Diatomées polyhalobes se rencontrent principalement des espèces réputées marines, le complément étant constitué de formes d'eaux salées continentales.

Espèces euryhalobes :

Cyclotella meneghiniana, *C. comta*
Coscinodiscus marginatus, *C. excentricus*
Diatoma elongatum
Synedra ulna et var. *oxyrhynchus*, *S. pulchella* et var. *lanceolata*
et fo. *constricta*
Navicula cincta
Pinnularia viridis et var. *rupestris*
Amphora commutata
Cymbella ventricosa
Gomphonema angustatum et var. *producta*
Epithemia turgida et var. *granulata*
Rhopalodia gibba et var. *ventricosa*
Nitzschia thermalis, *N. commutata*, *N. ignorata*
Surirella ovata et var. *pinnata* et var. *salina*

GROUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE MESOHALOBE

Ces Diatomées habitent préférentiellement les milieux d'eau saumâtre, où la teneur en sel peut varier entre 0,2 et 30 ‰. Les espèces α -mesohalobes (10 à 30 ‰ de chlorures) ne sont pas représentées dans la Meurthe, et les Diatomées β -mesohalobes appartiendront presque toutes à la catégorie des « leptomesohalobes », c'est-à-dire celles des eaux faiblement saumâtres (0,2 à 5 ‰ environ).

Espèces mesohalobes :

Coscinodiscus radiatus, *C. lacustris*
Actinoptychus undulatus
Synedra affinis
Cocconeis pediculus
Achnanthes brevipes var. *intermedia*
Rhoicosphenia curvata
Diploneis interrupta, *D. ovalis* et var. *oblongella*
Stauroneis phoenicenteron, *S. anceps*
Navicula cuspidata et var. *ambigua*, *N. crucicula*, *N. protracta*

N. gothlandica, *N. peregrina*
Caloneis permagna
Gyrosigma scalproides var. *eximia*
Epithemia argus, *E. zebra* et var. *saxonica*
Bacillaria paradoxa
Nitzschia tryblionella et var. *levidensis*, *N. hungarica*, *N. dubia*,
N. subtilis, *N. parvula*
Surirella ovalis, *S. striatula*

Espèces leptomesohalobes :

Cyclotella kutzingiana
Stephanodiscus astraëa
Diatoma vulgare et var. *brevis* et var. *grandis* et var. *producta*
Synedra acus
Cocconeis placentula et var. *euglypta* et var. *klinoraphis* et var. *lineata*
Achnanthes lanceolata et var. *capitata* et var. *rostrata* et var. *elliptica*, *A. coarctata*
Diploneis elliptica
Frustulia rhomboides, *F. vulgaris*
Stauroneis smithii
Navicula mutica, *N. bacillum* et var. *gregoryana*, *N. cryptocephala*
et var. *veneta*, *N. viridula*, *N. hungarica* et var. *capitata* et var. *linearis*, *N. gracilis*, *N. menisculus*, *N. dicephala*, *N. oblonga*
Pinnularia interrupta, *P. gibba* et fo. *subundulata*, *P. maior*
Caloneis amphibaena, *C. silicula* et var. *truncatula*, *C. schumanniana*
Neidium dubium fo. *constricta*
Gyrosigma acuminatum, *G. attenuatum*, *G. spencerii* var. *nodifera*,
G. scalproides
Amphora ovalis et var. *pediculus*
Cymbella ehrenbergii, *C. prostrata*, *C. sinuata*, *C. affinis*, *C. cistula* et var. *maculata*, *C. lanceolata*, *C. helvetica*, *C. aspera*
Gomphonema augur et var. *gautierii*, *G. parvulum* et var. *subelliptica* et var. *micropus*, *G. constrictum* et var. *capitata*, *G. olivaceum*

Epithemia sorex

Nitzschia tryblionella var. *victoriae* et var. *debilis*, *N. angustata* et var. *acuta*, *N. amphibia*, *N. palea*, *N. sigmoidea*, *N. acicularis*

Cymatopleura solea, et var. *gracilis* et var. *regula* et var. *apiculata*, *C. elliptica* et var. *nobilis*

Surirella turgida, *S. linearis* et var. *constricta*, *S. robusta* et var. *splendida*, *S. tenera* var. *nervosa*, *S. patella*

Espèces pachymesohalobes :

Les Diatomées de ce groupe ne sont pas représentées dans la Meurthe.

GROUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE OLIGOHALOBE

Présentes pour des teneurs en sel inférieures à 0,2 ‰, les espèces oligohalobes peuvent être considérées comme caractéristiques des eaux douces. La majeure partie de celles recueillies dans la Meurthe est constituée de formes indifférentes à la présence des chlorures, du moins dans les limites précitées. De rares espèces présenteront un caractère halophile, en ce sens que leur développement sera favorisé par la présence de chlorures ; de part et d'autre de cette teneur optimale, ces Diatomées se rencontreront encore, mais jamais massivement.

Quelques espèces seront euryhalines, et seront récoltées dans les eaux oligo- à leptomesohalines.

Melosira varians, *M. granulata* et var. *angustissima*, *M. ambigua*, *M. italica*

Cyclotella stelligera

Meridion circulare et var. *constricta*

Fragilaria capucina, *F. harrissonii*, *F. construens* var. *binodis*, *F. pinnata* et var. *lancettula*, *F. virescens* et var. *elliptica*, *F. b⁺-capitata*

Ceratoneis arcus et var. *amphioxys*

Synedra rumpens et var. *familiaris* et var. *scotica*, *S. vaucheriae*, et var. *lineata* et var. *capitellata*, *S. parasitica* et var. *subconstricta*

Eunotia pectinalis var. *minor* et fo. *impressa* et var. *ventralis*, *E. lunaris* et var. *subarcuata*, *E. formica*

Achnanthes exigua var. *heterovalvata*

Frustulia rhomboides var. *amphipleuroides*

Stauroneis anceps fo. *gracilis*, *S. acuta*

Navicula pupula et var. *capitata* et var. *elliptica* et var. *rectangularis* et var. *mutata*, *N. rhynchocephala* (toutes à tendance leptomesohalobe) *N. pseudoscutiformis*, *N. radiosa*, *N. laterostrata*, *N. placentula* et fo. *rostrata*; *N. gastrum*, *N. exigua*

Pinnularia subcapitata et var. *hilseana*, *P. interrupta* fo. *minutissima*, *P. mesolepta* et fo. *angusta*, *P. microstauron* et var. *brebissonii* et fo. *diminuta*, *P. borealis*, *P. gibba* var. *parva*, *P. acrosphaeria*, *P. dactylus*, *P. wernerii*, *P. viridis* var. *sudetica*, *P. gentilis*, *P. nobilis*

Caloneis bacillum

Neidium affine var. *amphirhynchus*, *N. iridis* et fo. *vernalis*, et var. *amphigomphus*, *N. productum*, *N. dubium*

Gyrosigma kutzingii

Cymbella naviculiiformis, *C. cuspidata*, *C. turgida*, *C. cymbiformis*, *C. tumida*

Gomphonema acuminatum et var. *coronata* et var. *brebissonii* et var. *trigonocephala*, *G. longiceps* var. *subclavata*, *G. lanceolatum*, *G. gracile* et var. *lanceolata*, *G. bohemicum*

Nitzschia apiculata (oligo- à mesohalobe), *N. thermalis* var. *minor*, *N. stagnorum*, *N. linearis*, *N. recta*, *N. dissipata*, *N. acuta*, *N. paleacea*, *N. vermicularis*

Surirella biseriata et var. *bifrons*, *S. gracilis*, *S. angustata*, *S. tenera*, *S. capronii*, *S. elegans*

GRUPE D'ESPÈCES HALOPHOBES

Des eaux extrêmement pauvres en sel sont nécessaires pour permettre un développement massif de ces Diatomées.

Melosira distans var. *lirata*

Tabellaria fenestrata, *T. flocculosa*

Diatoma hiemale var. *mesodon*, *D. anceps*

Eunotia robusta et var. *tetraodon*, *E. diodon*, *E. praerupta* et var. *inflata* et var. *bidens*, *E. arcus* var. *bidens*, *E. trinacria*, *E. valida*, *E. tridentula* var. *perminuta*, *E. pectinalis*, *E. sudetica*, *E. veneris*, *E. parallela*, *E. gracilis*, *E. monodon* et var. *maior*

Cocconeis diminuta

Achnanthes lapidosa

Frustulia rhomboides var. *saxonica*



Fig. 8. — Les Diatomées de la Meurthe dans le système des Halobies ;
Evolution des différents groupes écologiques.

Stauroneis pygmaea

Navicula cocconeiformis, *N. cari*

Pinnularia leptosoma, *P. polyonca*, *P. legumen*, *P. subsolaris*, *P. divergens*, et var. *undulata*, *P. lata*, *P. gibba* var. *mesogongyla* et var. *linearis*, *P. stomatophora*, *P. brevicostata*, *P. streptoraphe*

Neidium bisulcatum et fo. *undulata*, *N. affine* var. *longiceps*

Cymbella gracilis

Gomphonema longiceps

Nous avons représenté graphiquement (fig. 8 page 107) le nombre d'espèces appartenant aux différents groupes mis en évidence dans les stations. L'examen de ce tracé révèle quelques particularités :

— Les stations d'amont sont principalement riches en espèces halophobes et oligohalobes, en accord avec la composition de l'eau. Il existe cependant un certain nombre d'espèces leptomesohalobes, et même 4 Diatomées mesohalobes sont présentes dès la source, et seront plus ou moins constantes dans les autres stations (*Diploneis ovalis* var. *oblongella*, *Stauroneis anceps*, *St phoenicenteron*, et *Rhoicosphenia curvata*, accidentelle). La présence de ces Diatomées halophiles confirme leur plasticité écologique vis-à-vis de la teneur en sel ; elles ne seront cependant jamais en grande abondance dans les stations peu favorables à leur développement, sauf quelques *Achnanthes* et *Cocconeis*, très euryhalobes.

— Les stations d'aval sont caractérisées par l'existence de nombreuses espèces leptomesohalobes, mesohalobes et polyhalobes, par une réduction importante des espèces oligohalobes et surtout halophobes. Parmi les mécanismes responsables du maintien des Diatomées de ces deux dernières catégories, nous citerons la possibilité d'une présence temporaire dans ces milieux habituellement non fréquentés ou un simple entraînement par le courant vouant les espèces à un déclin plus ou moins rapide.

— Un changement dans la composition globale de la florule diatomique apparaît clairement en aval de la station 5 et se traduit par la diminution du nombre d'espèces halophobes et l'augmentation des espèces mesohalobes. Entre les stations 7 et 8, une coupure encore plus importante est marquée par l'inversion de dominance des espèces oligohalobes par les espèces leptomesohalobes et par l'apparition constante de formes polyhalobes. Cet aspect caractéristique d'une flore algale à tendance halophile s'affirmera dans les stations suivantes.

Ces divisions écologiques confirment les coupures floristiques et écotopiques précédemment distinguées dans la Meurthe.

lil. 1.3. Influence du pH des eaux

Le pH des eaux est un des facteurs importants influençant la distribution des algues, et de nombreuses espèces sont strictement inféodées à des intervalles de pH nettement délimités. Bien que les Diatomées jouissent, là encore, d'une certaine plasticité vis-à-vis de ce facteur, il est cependant possible de distinguer parmi elles des espèces caractéristiques de diverses catégories d'eau, en fonction de la réaction du milieu. Ceci permet de reconnaître, parmi les Diatomées, des espèces acidophiles dans les eaux à réaction acide, des espèces alcaliphiles fréquentant les eaux à réaction alcaline, et des espèces dites indifférentes ou euryioniques peuplant indifféremment les milieux à pH varié et variable.

GRUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE ACIDOPHILE

Melosira distans var. *lirata* fo. *lacustris*

Tabellaria flocculosa

Eunotia robusta et var. *tetraodon*, *E. diodon*, *E. praerupta* et var. *inflata* et var. *bidens*, *E. trinacria*, *E. valida*, *E. sudetica*

E. veneris, *E. parallela*, *E. gracilis*, *E. monodon* et var. *maior*

Stauroneis anceps fo. *gracilis*, *S. pygmaea*

Pinnularia streptoraphe

Neidium affine var. *longiceps*

GRUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE EURYIONIQUE

Melosira italica

Cyclotella kutzingiana

Coscinodiscus lacustris

Diatoma elongatum

Fragilaria bicapitata

Synedra ulna et var. *oxyrhynchus*

Eunotia arcus et var. *bidens*, *E. pectinalis* et var. *minor* fo. *impressa* et var. *ventralis*, *E. lunaris* et var. *subarcuata*, *E. formica*

Achnanthes coarctata

Frustulia rhomboides

Stauroneis phoenicenteron ; *S. anceps* et fo. *lacustris*

Navicula bacillum et var. *gregoryana*, *N. pupula* et var. *capitata* et var. *mutata* et var. *elliptica* et var. *rectangularis*, *N. crucicula*
N. protracta, *N. pseudoscutiformis*, *N. radiosa*, *N. gastrum*
Pinnularia subcapitata et var. *hilseana*, *P. interrupta*, *P. microstauron*, *P. divergens* et var. *undulata*, *P. borealis*, *P. gibba* et fo. *subundulata* et var. *parva* et var. *mesogongyla* et var. *linearis*,
P. stomatophora, *P. brevicostata*, *P. acrosphaeria*, *P. maior*,
P. viridis et var. *sudetica* et var. *rupestris*; *P. gentilis*
Neidium bisulcatum et fo. *undulata*, *N. iridis* et fo. *vernalis* et var. *amphigomphus*, *N. dubium*
Cymbella naviculiformis, *C. cuspidata*, *C. ventricosa*, *C. gracilis*,
C. sinuata, *C. tumida*
Gomphonema parvulum et var. *subelliptica* et var. *micropus*, *G. gracile* et var. *lanceolata*
Bacillaria paradoxa
Nitzschia dubia, *N. commutata*, *N. linearis*, *N. palea*
Surirella linearis et var. *constricta*, *S. gracilis*, *S. tenera*, *S. elegans*,
S. ovalis.

GROUPE D'ESPÈCES A CARACTÈRE ALCALIPHILE

Melosira varians, *M. granulata* et var. *angustissima*, *M. ambigua*
Cyclotella meneghiniana, *C. comta*
Stephanodiscus astraea et var. *minutula*
Meridion circulare
Diatoma vulgare et var. *brevis* et var. *grandis* et var. *producta*
Fragilaria construens et var. *binodis*, *F. pinnata* et var. *lancettula*
Ceratoneis arcus et var. *amphioxys*
Synedra acus, *S. parasitica*
Cocconeis placentula et var. *euglypta* et var. *lineata* et var. *klinoraphis*
Achnanthes exigua, *A. lanceolata* et var. *capitata* et var. *rostrata*,
A. brevipes var. *intermedia*
Rhoicosphenia curvata
Diploneis ovalis et var. *oblongella*, *D. elliptica*
Anomoeoneis sphaerophora
Stauroneis smithii

Navicula cuspidata et var. *ambigua*, *N. cryptocephala* et var. *veneta*

N. rhynchocephala, *N. viridula*, *N. hungarica*, *N. cincta*, *N. gracilis*, *N. menisculus*, *N. dicephala*, *N. placentula*, *N. exigua*, *N. oblonga*, *N. pygmaea*

Pinnularia leptosoma

Caloneis amphisbaena, *C. bacillum*, *C. silicula* et var. *truncatula*

Neidium affine var. *amphirhynchus*

Gyrosigma acuminatum, *G. attenuatum*, *G. kutzingii*, *G. spencerii*, *G. scalproides*

Amphora ovalis et var. *pediculus*

Cymbella ehrenbergii, *C. prostrata*, *C. turgida*, *C. affinis*, *C. cistula* et var. *maculata*, *C. lanceolata*, *C. helvetica*, *C. aspera*

Gomphonema acuminatum et var. *brebissonii* et var. *coronata* et var. *trigonocephala*, *G. angustatum* et var. *producta*, *G. lanceolatum*, *G. constrictum* et var. *capitata*, *G. olivaceum*

Epithemia argus, *E. zebra* et var. *saxonica*, *E. turgida* et var. *granulata*, *E. sorex*

Rhopalodia gibba

Nitzschia tryblionella et var. *levidensis*, *N. apiculata*, *N. hungarica*, *N. angustata* et var. *acuta*, *N. amphibia*, *N. recta*, *N. dissipata*, *N. acuta*, *N. sigmoidea*, *N. vermicularis*, *N. sigma*, *N. obtusa* var. *scalpelliformis*, *N. acicularis*

Cymatopleura solea et var. *apiculata* et var. *regula* et var. *gracilis*, *C. elliptica* et var. *nobilis*

Surirella biseriata et var. *bifrons*, *S. turgida*, *S. angustata*, *S. robusta* et var. *splendida*, *S. tenera* var. *nervosa*, *S. capronii*, *S. ovata* et var. *pinnata* et var. *salina*

III. 1. 4. Répartition géographique

A l'aide des données de la littérature nous avons reconnu, parmi les Diatomées de la Meurthe, des espèces cosmopolites et d'autres, d'aire de répartition limitée, et considérées comme nordiques-alpines ou montagnardes. L'insuffisance et l'imprécision des renseignements rendent difficile l'appréciation exacte des limites d'extension réelle des espèces, dont certaines pourraient, par la suite, s'avérer cosmopolites. Cette possibilité est d'autant plus grande que les milieux aquatiques où se développent les algues possèdent, vis-à-vis des autres substrats, une indiscutable homogénéité pouvant faciliter une large distribution mondiale.

Dans le cas particulier des cours d'eaux de Lorraine, nous avons antérieurement (PIERRE 1965 b) détaillé la liste des Algues recueillies et des stations de récolte. Les eaux de la Meurthe ont permis de reconnaître les Diatomées critiques suivantes :

Espèces nordiques-alpines :

Melosira distans var. *lirata* fo. *lacustris*

Diatoma hiemale

Fragilaria bicapitata

Eunotia robusta, *E. diodon* ; *E. trinacria*, *E. valida*, *E. sudetica*,
E. veneris, *E. parallela*

Achnanthes lanceolata var. *elliptica*

Frustulia rhomboides var. *amphipleuroides*

Navicula cocconeiformis, *N. oblonga*

Surirella linearis var. *helvetica*

Espèces montagnardes :

Diatoma hiemale var. *mesodon*, *D. anceps*

Fragilaria virescens et var. *elliptica*

Ceratoneis arcus et var. *amphioxys*

Eunotia robusta et var. *tetraodon*, *E. praerupta* et var. *inflata* et
var. *bidens*

Achnanthes lanceolata var. *elliptica*, *A. coarctata*

Pinnularia leptosoma, *P. polyonca*, *P. borealis*, *P. stomatophora*,
P. brevicostata, *P. viridis* var. *sudetica*

Neidium bisulcatum

Cymbella gracilis

Gomphonema longiceps

Espèces cosmopolites :

Les espèces cosmopolites, très nombreuses dans la Meurthe, apparaissent précédées d'un astérisque, dans le tableau systématique récapitulatif donné en fin de travail.

III. 2. DISCUSSION DE CAS PARTICULIERS

Nos observations sur les populations diatomiques de la Meurthe, et les comparaisons que nous avons pu établir d'après les résultats écologiques de plusieurs Auteurs, nous ont conduit à constater l'existence de divergences profondes dans l'autoécologie de certaines Diatomées. Ces écarts apparaissent particulièrement dans le cadre du système des halobies, le seul actuellement assez bien développé. C'est ainsi qu'une même espèce pouvait se voir attribuer, selon les Auteurs, des limites de salinité parfois totalement opposées.

Pour illustrer ces divergences, nous avons choisi de discuter certains des cas les plus critiques intéressant les Diatomées de la Meurthe. Nous avons fait principalement référence aux travaux de CONRAD et KUFFERATH (1954), FOGED (1964), GERMAIN (1935), HUSTEDT (1930, 1937-39, 1949, 1957, 1959), KOLBE (1927), MÖLDER (1959), PERAGALLO (1897-1908, 1888), SYMOENS (1954, 1957, 1960), VAN MEEL (1958, 1960, 1963), VOIGT (1942, 1943), WERNER (1966) et ses élèves BOSSELER (1961), HERFELD (1962), DAGOT (1962), PATOU (1962) et ROUSSARD (1965), WOOD (1963, 1966), WOOD et OPPENHEIMER (1965), ainsi qu'à certains de nos résultats antérieurement publiés (PIERRE 1962, 1965, 1968).

III. 2. 1. Exemples

Cyclotella meneghiniana Kütz.

Pour MÖLDER, l'espèce est très sensible au sel et ne supporterait pas une concentration supérieure à 6 g de sel par litre. Ubiquiste d'eau douce et saumâtre (VOIGT, PERAGALLO), elle est considérée comme halophile (KOLBE, HUSTEDT, WERNER), et WOOD, comme OPPENHEIMER, la signalent jusqu'en eau sursalée à 55 g/l. En Lorraine, nous considérons que *C. meneghiniana* présente le comportement d'une espèce euryhalobe typique.

Cyclotella comta (Ehr.) Kütz.

Rarement récoltée au Spitzberg (FOGED), oligohalobe (KOLBE), dulcicole oligohaline (CONRAD), très sensible au sel et typiquement d'eau douce (MÖLDER), oligohalobe euryhaline (V. MEEL), cette Diatomée peut également prospérer dans les eaux sursalées (51,5 g/l) des lagunes texanes (WOOD, OPPENHEIMER). Elle est commune, et parfois dominante, dans les eaux de la Basse-Meurthe, où elle apparaît leptomesohalobe.

Diatoma vulgare Bory.

Halophobe pour KOLBE, l'espèce est oligohalobe pour HUSTEDT et MÖLDER, tandis que WOOD la signale dans les eaux marines d'Indonésie. Dans la région, elle se rencontre en eau douce comme en eau salée (PIERRE, WERNER).

Fragilaria capucina Desmazières.

F. construens (Ehr.) Grun.

F. virescens Ralfs.

Très communes en eau douce au Spitzberg (FOGED), ces espèces sont considérées comme oligohalobes à tendance halophobe, ou indifférente, par KOLBE, MÖLDER, HUSTEDT, VAN MEEL ; WOOD les signale en eau douce en Nouvelle-Zélande, et en Australie, mais aussi en eau salée ou sursalée (42 à 57 g/l) sur le littoral texan. En Lorraine, seule *F. construens* est largement représentée en eau douce et salée. Ces trois Diatomées sont parfois communes dans la Meurthe, où elles préfèrent les eaux oligohalines.

Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.

Les exigences de cette Diatomée vis-à-vis de la salinité sont variées : présente dans les eaux douces du Groënland, elle demande selon KOLBE, MÖLDER, CONRAD, VAN MEEL, WERNER, des eaux douces oligohalines (au sens de KOLBE), tandis que PERAGALLO note sa présence éventuelle dans les estuaires. WOOD, OPPENHEIMER, rencontrent *S. ulna* dans les eaux contenant de 0,1 à 55,1 g de sel par litre. En Lorraine, l'espèce occupe des milieux très variés, renfermant de quelques mg à près de 40 g de sel par litre. Dans les eaux oligo- à leptomesohalines de la Meurthe, nous avons relevé pour cette Diatomée une abondance moyenne.

Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grun.

Comme la précédente, cette algue se rencontre depuis les eaux douces arctiques jusqu'aux lagunes sursalées du Golfe de Floride.

Bacillaria paradoxa Gmel.

Présente, mais jamais abondante, dans les eaux douces (CONRAD, GERMAIN, PIERRE), l'espèce offre un développement optimum dans les eaux salées à 6 ‰ de Finlande (MÖLDER), et préfère les eaux saumâtres ou salées et les eaux marines (KOLBE, VOIGT, HUSTEDT, PERAGALLO).

Pour *Bacillaria paradoxa*, la pollution paraît jouer un rôle également important ; c'est ainsi qu'HUSTEDT établit un rapport entre son apparition dans les eaux de la Weser, et une augmentation de la pollution de cette rivière. En Lorraine (PIERRE), en Alsace (WERNER), elle se rencontre dans des eaux de salures très diverses, mais toujours plus ou moins fortement polluées.

Dans la Meurthe, nous avons constaté que le comportement de la plupart des espèces méso- ou polyhalobes indiquait une préférence pour les eaux à la fois saumâtres et souillées, ou leur présence était plus importante que dans les eaux seulement saumâtres. La minéralisation et la pollution organique, additionnant leurs effets, augmentent la teneur des eaux en substances dissoutes et permettraient donc, ainsi, aux espèces préférentielles des eaux hautement minéralisées de se maintenir dans ce milieu a priori défavorable*.

III. 2. 2. Interprétation

Les quelques cas dont nous venons de discuter illustrent les divergences apparaissant dans l'autoécologie des Diatomées. Il n'est guère plausible d'admettre, pour expliquer ces différences, un caractère d'ubiquité de ces formes car, pour autant que le permettent les renseignements dont nous disposons, on doit convenir que dans une région déterminée les espèces en cause se cantonnent dans des types de milieux bien définis.

Nous étant plus spécialement attaché à l'étude du comportement des Diatomées en fonction de la salinité des eaux, nous sommes à même de proposer certains éclaircissements aux écarts enregistrés : Nous avons constaté que les limites de salinité tolérées par certaines Diatomées variaient en fonction de leur répartition géographique. C'est ainsi que des espèces, signalées par FOGED en eau douce au Spitzberg ou au Groënland, étaient les hôtes des eaux douces ou faiblement salées de Finlande ou d'Europe occidentale, et prospéraient jusque dans les eaux sursalées des régions tropicales. Dans le cadre européen, les limites de salinité proposées par MÖLDER s'avéraient généralement basses par rapport à celles avancées par KOLBE, CONRAD et KUFFERATH, HUSTEDT, etc., pour des régions plus méridionales. Les résultats provenant de l'étude des formations saumâtres de Lorraine confirment cette évolution.

* Mécanisme déjà signalé à propos d'*Enteromorpha*, PIERRE, 1966.

Dans les différentes parties de leur aire de répartition, les Diatomées seraient susceptibles de jouir d'une localisation différente vis-à-vis du facteur sel. Les valeurs minimales seraient représentées par l'eau douce, et la limite supérieure de salinité supportée serait de plus en plus élevée lors du passage des zones nordiques vers les zones tropicales.

Ces résultats s'appliquent à certaines des espèces que nous avons recensées. Ils ne peuvent être étendus à toutes les Diatomées présentes dans la Meurthe, ne serait-ce que par manque de données sur leur répartition ou leur écologie ; dans ces conditions, la notion d'espèces strictement localisées à une catégorie d'eaux doit être maintenue, dans l'attente de précisions ultérieures. Ce serait en particulier le cas des espèces extrêmes, halophobes ou polyhalobes, signalées uniquement jusqu'ici dans un seul type d'eaux d'une même région.

Un autre résultat, auquel nous faisons ci-dessus allusion, mérite d'être retenu : il existerait ainsi, une certaine possibilité de remplacement ou de cumul, entre la salinité et la pollution organique. Une différence dans le degré de pollution est apparue, entre la station 9 (Pont Varroy) et les stations 10 et 11, en aval de Nancy, ces deux dernières étant nettement plus souillées. Or, nous avons constaté que les espèces polyhalobes recueillies dans la Meurthe (et en particulier le genre *Coscinodiscus*) préféraient les eaux saumâtres et souillées des stations 10 et 11 aux eaux de la station 8, saumâtre mais peu polluées corrélativement.

Les divergences constatées dans l'autoécologie des Diatomées de la Meurthe peuvent, sur la base de ces faits d'observation, recevoir un début d'explication. Cependant les mécanismes mis en cause n'agissent certainement pas seuls, et nous proposons pour les compléter, les hypothèses suivantes :

La première de ces hypothèses, qui en réalité ne supporte pas la discussion, concerne la nécessité de multiplier les prospections pour aboutir à une meilleure connaissance à la fois de la flore algale, de ses lieux et de ses conditions de développement. Devant l'insuffisance actuelle des résultats, les recherches systématiques conservent une très grande importance et ne doivent pas être négligées. Par elles seront précisées les répartitions géographiques des espèces, l'influence apparente des différents facteurs écologiques présents ainsi que les

relations pouvant exister entre les espèces, ou entre les espèces et le milieu. Des études de ce type permettront de résoudre de nombreux problèmes.

Une deuxième hypothèse concerne la recherche de l'existence d'éventuels écotypes. Nous avons constaté que certaines Diatomées étaient capables de se développer dans des milieux très différents à l'intérieur d'une même unité géographique, et que des substitutions d'un facteur par un autre pouvaient se produire dans certaines conditions. L'existence de ces écotypes, morphologiquement identiques mais de biologie différente, expliquerait ces phénomènes. La mise en évidence de formes écologiquement distinctes permettrait d'apporter une solution à divers problèmes, mais nécessite, à côté de nombreuses investigations faites sur le terrain, des recherches du domaine du laboratoire.

Un autre problème reste également posé, s'agissant des possibilités de réensemencement des cours d'eau. Nous avons déjà attiré l'attention sur les difficultés supplémentaires introduites par le renouvellement constant des eaux courantes. En particulier, la présence d'une espèce ne signifie pas obligatoirement un développement sur place, car elle peut être entraînée à partir de nids écologiques existant à différents niveaux du cours d'eau ou de ses affluents. De ces lieux plus ou moins lointains où elle jouit de conditions favorables à son développement, l'espèce peut être amenée vers l'aval et survivre quelque temps ; il en résultera une composition floristique en désaccord avec les conditions régnant au point de prélèvement. Cette hypothèse a subi un début de vérification au cours d'une expérimentation récemment entreprise (PIERRE 1968 c), et permet de résoudre certains problèmes d'autoécologie des Diatomées.

III. 3. CONCLUSION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE

Les 349 espèces et variétés des Diatomées recueillies dans la Meurthe se répartissent en fonction de leurs besoins écologiques et de leurs aptitudes à tolérer des variations plus ou moins importantes des caractéristiques physiques et chimiques du milieu. De cette valence écologique dépend leur maintien ou leur disparition de la flore de la rivière au fur et à mesure que se modifiera la nature des eaux.

Répartition géographique des Diatomées de la Meurthe.

La répartition géographique de près de la moitié des espèces recueillies n'a pu être précisée, cela par suite du manque de données : les limites d'extension géographiques des espèces dépendent beaucoup de la localisation des spécialistes intéressés à la question, et de vastes domaines restent de ce point de vue presque totalement inexplorés.

Espèces cosmopolites	147	soit	42,1 %	du total
nordiques-alpines	14		4,0 %	
montagnardes	22		6,3 %	
indéterminées	166		47,6 %	
	349		100 %	

Equilibre ionique

Espèces alcaliphiles	120	soit	34,4 %	du total
acidophiles	20		5,8 %	
euryioniques	79		22,6 %	
indéterminées	130		37,2 %	
	349		100 %	

Teneur en chlorures (Système des Halobies).

Espèces halophobes	46	soit	13,2 %	du total
oligohalobes	103		29,5 %	
leptomesohalobes	86		24,6 %	
mesohalobes	32		9,2 %	
polyhalobes	22		6,3 %	
euryhalobes	27		7,8 %	
indéterminées	33		9,4 %	
	349		100 %	

Besoin en oxygène :

Pollution de l'eau (Système des Saprobies).

Espèces saproxènes	63	soit	18,1	%	du total
polyoxybionte	80		22,9	%	
mesooxybiontes	39		11,2	%	
oligooxybiontes	4		1,1	%	
euryoxybiontes	83		23,8	%	
indéterminées	80		22,9	%	
	349		100	%	

Il est relativement aisé de préciser la valence écologique apparente des Diatomées envers la teneur en chlorures. Les indéterminations correspondent à des espèces dispersées dans la rivière et très rares, leur apparition à l'une ou l'autre des stations ne permettant pas de conclure.

L'incertitude est plus grande dans le domaine de la pollution, ce qui se traduit par un nombre d'espèces indéterminées atteignant presque le quart du total. Ceci peut s'expliquer par la difficulté qu'il y a à délimiter les zones de pollution. Signalons aussi que ces divisions, basées selon les Auteurs sur les teneurs en substances nutritives, matières dissoutes ou oxygène, ne tiennent généralement pas compte de la présence dans les eaux, des divers produits chimiques organiques ou minéraux provenant de l'activité humaine et dont bien souvent les répercussions sur les organismes sont mal connues, ni des interactions possibles entre les êtres vivants peuplant le milieu (POURRIOT 1966).

L'équilibre ionique des eaux joue un rôle important en limitant ou interdisant le développement de certaines espèces. Les eaux de Meurthe sont rarement acides, et toujours faiblement, aussi le nombre d'espèces acidophiles est-il restreint par rapport à celui des espèces alcaliphiles caractérisées. Les espèces indéterminées sont nombreuses, l'amplitude limitée des variations de pH ne permettant pas de reconnaître parmi elles d'éventuelles formes euryioniques.

Il est possible d'espérer lever une partie de ces indéterminations, en suivant, par exemple, le comportement de populations diatomiques transplantées dans des milieux naturels de caractéristiques définies. Bien que ces recherches sortent des limites présentes de ce travail, nous nous sommes livré à quelques essais, en usant d'enceintes dialysantes

destinées à isoler mécaniquement les populations étudiées. Les résultats obtenus, bien que limités (PIERRE 1968 c), nous laissent espérer beaucoup de cette méthode et justifieront son développement ultérieur.

L'examen de quelques cas particuliers a fait apparaître des divergences, parfois considérables, dans les caractéristiques écologiques des espèces. Les faits d'observation nous ont permis d'expliquer, dans une certaine mesure, les raisons de ces écarts, que diverses hypothèses ont tenté de préciser.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans ce travail, consacré à l'étude hydrobiologique de la Meurthe, nous nous étions proposé de déterminer la composition de la flore algale et de suivre son comportement dans les différents biotopes de la rivière.

La *première partie* de cet ouvrage résume, après une rapide description du Bassin de la Meurthe, les résultats provenant de l'analyse physique et chimique des eaux. Nos recherches, initialement localisées à une petite portion du cours d'eau, furent étendues, au cours des années 1960 et 1961, à l'ensemble de la rivière. De nombreuses analyses eurent lieu durant cette période ; par la suite, d'autres analyses, occasionnelles ou systématiques, ont confirmé nos résultats et nous ont permis de conclure à la stabilité des caractéristiques physico-chimiques des eaux de Meurthe dans une station donnée. Nous avons ainsi décrit trois zones distinctes dans le cours de la rivière, correspondant à la Haute, à la Moyenne et à la Basse-Meurthe. A partir des résultats de ces analyses, nous avons mis en évidence l'existence d'un gradient d'eutrophisation entre la source et le confluent avec la Moselle, et la réalité de fortes pollutions organiques et minérales.

Dans une *deuxième partie* nous avons dressé l'inventaire systématique des Algues de la Meurthe. L'analyse de la flore algale recueillie dans ces eaux s'est avérée riche d'enseignements. Ce phytoplancton est caractérisé par une relative pauvreté en algues non siliceuses, compensée par un très grand développement des populations diatomiques. L'inventaire de cette flore nous a permis de recenser plus de 400 espèces et variétés d'algues, parmi lesquelles deux Diatomées qui sont nouvelles pour la Science. (*Pinnularia wernerii* et *P. episcopalis* var. *elliptica*, PIERRE 1966 c).

Favorisée par l'individualisme marqué des stations, l'analyse de la population diatomique nous a conduit à reconnaître des espèces remarquables par leur fréquence ou leur abondance au sein des stations. Dans les différents lieux de récolte, nous avons suivi l'organisation et l'évolution des populations de Diatomées. Considérées dans leur ensemble, celles-ci n'ont pas montré de périodicité propre dans leur développement, chaque station présentant une évolution indépendante

de celle des stations voisines. Une étude détaillée d'une station isolée a cependant mis en évidence une augmentation du nombre des espèces durant la saison froide, alors que la saison chaude se reconnaissait au nombre d'individus très important, résultat d'une production plus élevée au cours de cette période (PIERRE 1968). Il n'est pas apparu de relation entre la périodicité du développement des Diatomées et l'évolution des facteurs chimiques du milieu.

Nous avons comparé entre eux les relevés provenant de nos différentes stations, en utilisant pour ce faire la méthode des quotients de similitude. Par cette étude nous avons regroupé des stations d'amont, des stations localisées au cours moyen de la rivière et des stations d'aval. Nous avons observé une remarquable coïncidence entre ces résultats, ceux provenant de l'étude de la distribution des genres ou des espèces, et les résultats des analyses physiques et chimiques. Le cours de la Meurthe apparaît ainsi formé de trois sections aboutées, différentes par la nature des eaux et la composition de la florule diatomique, chacune de ces zones abritant, à côté d'espèces écologiquement très plastiques, des formes plus ou moins strictement inféodées aux conditions de milieu. La concordance entre les coupures écotopiques et floristiques a été parfaitement démontrée.

A l'intérieur de ces populations nous avons reconnu l'existence d'associations de Diatomées considérées comme caractéristiques des eaux courantes, et nous avons montré leur succession au long du cours de la rivière. Les conditions écologiques particulières régnant dans la Basse-Meurthe, dues en partie à la traversée du gisement de sel lorrain, nous ont conduit à distinguer, en superposition à ces associations, un groupement d'espèces caractéristiques de ces eaux déjà saumâtres.

La *troisième* partie de notre travail est consacrée à l'étude de l'autoécologie des Diatomées. En nous appuyant sur nos résultats, complétés par les observations d'autres Auteurs, nous avons traduit l'influence propre de la pollution organique, de la salinité et de la réaction de l'eau par des listes d'espèces témoignant d'un certain degré d'action de ces facteurs. En liaison avec ces caractéristiques écologiques, nous avons montré qu'une évolution se produisait d'amont vers l'aval dans la répartition de la florule des stations. Certaines espèces, incapables de supporter les conditions existant dans les stations d'aval, disparaissaient, mais cet appauvrissement se trouvait compensé par l'apparition d'espèces jusqu'alors non représentées dans le plancton. Cette distribution horizontale des Diatomées, sans rapport avec la périodicité du développement, a été reliée à l'évolution des caractéristiques physiques ou chimiques du milieu.

De fortes divergences sont parfois apparues entre les résultats de notre étude écologique et ceux issus d'autres sources. Les faits d'observation ne suffisent pas à justifier totalement ces différences, et nous avons proposé diverses hypothèses susceptibles d'apporter une solution, peut-être provisoire, à ces problèmes.

Les méthodes actuelles à base de relevés floristiques liés à des analyses physico-chimiques du milieu, fournissent des résultats très importants. Nous les avons largement utilisées, et nous pensons en avoir atteint les limites. Pour progresser dans la connaissance du phytoplancton des eaux douces, il nous paraît indispensable de revoir la méthodologie et de faire appel à de nouvelles techniques d'approche, appuyées d'expérimentation tant sur le terrain qu'au laboratoire.

Cette étude de la communauté algale de la Meurthe nous a permis d'ajouter notre contribution à la biologie encore fort mal connue des algues des eaux courantes. Nous espérons avoir apporté quelques éclaircissements dans le domaine de l'écologie et de la dynamique des populations diatomiques des cours d'eaux en fonction de la zonation physico-chimique du milieu. De nombreux problèmes biologiques n'ont pu être abordés dans ce travail ; conscient de leur importance, nous avons déjà établi les premières bases d'une étude qu'il nous sera possible, nous le souhaitons, de développer ultérieurement.

SUMMARY

The Systematic, Biology and Ecology of freshwater Algae have been studied in the running waters of the river Meurthe, a tributary of the right side of the river Moselle.

The first part of the work deals with the physical and chemical characteristics of the environment. Owing to the analyses we can mark out three zones in the river-stream, respectively corresponding to pure mountain waters, to slightly polluted waters and to heavily polluted and mineralized ones.

The second part deals with the analysis of the algal flora. More than 400 species have been checked up on, among which two diatoms new for Science. The greater part of the phytoplankton is composed of diatoms; then the smaller part is composed of Chlorophyceae and Cyanophyceae in rather sparse and not profuse species. The study of the diatomic species has made us able to follow their organization and evolution. In this environment of running waters, we have not marked out any relations between the periodicity of the growth of the diatoms and the evolution of the physical and chemical factors of the environment. In the briny waters of the Basse-Meurthe we have found a group of halophilous species being superimposed to groups which are already known. The study of the division of the algae in the places has shown the noticeable correspondence between the ecotopic cuts noticed in the river-stream and the floristic ones noticed among the diatomic populations.

The third part deals with the Ecology of the diatoms. We have specially studied the influence of factors such as the organic pollution, salinity and pH of waters. We have shown a connection between the evolution of these factors and the horizontal division of the diatoms. Different hypotheses propose explanations to some difficulties which occurred in the course of the ecologic study.

As far as the problem of running waters is concerned, the present technics of research work have shown their utmost possibilities, but yet they have reached the limits of their capacities. It is more and more necessary to give other methods of investigations, based on experimentations made both on the spot and in laboratories. A.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Systematik, die Biologie, die Ökologie der Flusswasseralgen sind in den fließenden Gewässern der Meurthe, eines Nebenflusses auf dem rechten Ufer der Mosel, studiert.

Der erste Teil der Arbeit behandelt die physischen und chemischen Merkmale des Biotopes. Die Ergebnisse der Analysen ermöglichen, drei Zonen von Quelle bis Mündung des Flusses zu unterscheiden : die reinen Berggewässer, wenig geladene, stark besudelte und vererzte Gewässer.

Der zweite Teil entspricht der Analyse der Algenwelt. Mehr als 400 Arten und Varietäten sind aufgezählt, worunter zwei bisher wissenschaftlich unbekannte Diatomeen. Diese Pflanzen bilden den größeren Teil des Phytoplanktons, dann kommen in geringer Artenzahl und sehr spärlich Chlorophyceen und Cyanophyceen. Die Untersuchung der Diatomeenbevölkerungen hat ermöglicht ihre Struktur und ihre Entwicklung zu verfolgen. Im fließenden Wasser besteht kein Verhältnis zwischen der Periodizität der Entwicklung der Diatomeen und der Entwicklung der physisch-chemischen Faktoren. In den Brakwassern der Nieder-Meurthe wurde eine Gruppe halophiler Arten herausgestellt, die sich den erkannten Gruppierungen überlagern. Die Untersuchung der Verteilung der Algen in den Stationen hat die zwischen den ekotopischen und den floristischen Zonen des Flusses unter den Diatomeenbevölkerungen bestehende merkwürdige Konkordanz nachgewiesen.

Im dritten Teil folgen Untersuchungen über die Ökologie der Diatomeen. Der Einfluss einiger Faktoren, wie die organische Pollution, der Salzgehalt, die pH-Werte der Gewässer, ist ausführlich beschrieben. Eine Verbindung wurde zwischen der Entwicklung dieser Faktoren und der horizontalen Verteilung der Diatomeen hergestellt. Verschiedene Hypothesen erklären einige Schwierigkeiten, die im Lauf der ökologischen Untersuchung erschienen.

Auf dem Gebiet der fließenden Gewässer im allgemeinen haben die jetzigen Forschungstechniken ihre Probe bestanden, jedoch auch ihre Grenze getroffen. Es wird notwendig, ihnen andere Forschungsmethoden beizugeben, die sich auf Erfahrungen in der Natur sowie im Laboratorium stützen. A.

LISTE SYSTÉMATIQUE GÉNÉRALE DES ALGUES RECUEILLIES DANS LA MEURTHE

I. CYANOPHYCÉES

1. CHROOCOCCALES

Microcystis aeruginosa Kütz.
Merismopedia elegans A. Braun

2. HORMOGONALES

Nostoc verrucosum Vaucher
Spirulina maior Kütz.
Oscillatoria sancta (Kütz.) Gomont
O. limosa Ag.
O. princeps Vaucher
O. curviceps Ag.
O. terebriiformis Ag.
O. chalybea Mertens
O. tenuis Ag.
O. tenuis var. *tergestina* Rabh.
Phormidium tenue (Menegh.) Gomont
P. subfuscum Kütz.

II. XANTHOPHYCÉES

Tribonema bombycinum Derbés et Solier
T. viride Pascher

III. BACILLARIOPHYCÉES

1. CENTRALES

Melosira varians C.A.Ag.
* *M. granulata* (Ehr.) Ralfs
* *M. granulata* var. *angustissima* O. Müll.
* *M. ambigua* (Grun.) Müll.
* *M. italica* (Ehr.) Kütz.
M. distans (Ehr.) Kütz. var. *lirata* (Ehr.) Bethge fo. *lacustris* (Grun.)
Bethge

* : Espèce cosmopolite

- Cyclotella kutzingiana* Thwaites
C. iris Brun
 * *C. stelligera* Cl. et Grun
 * *C. meneghiniana* Kütz.
C. striata (Kütz.) Grun.
 * *C. comta* (Ehr.) Kütz.
C. planctonica Brunnthaler
C. widerkehrii Werner
 * *Stephanodiscus astraëa* (Ehr.) Grun.
S. astraëa var. *minutula* (Kütz.) Grun.
Coscinodiscus antiquus A. Cl. Euler
C. kutzingii A. Sch.
C. curvatulus Grun. var. *minor* (Ehr.) Grun.
C. tabularis Grun. var. *egregius* (Rattray) Hust.
C. perforatus Ehr.
C. apiculatus Ehr.
C. asteromphalus Ehr.
C. oculus-iridis Ehr.
C. excentricus Ehr.
C. marginatus Ehr.
C. radiatus Ehr.
C. lacustris Grun.
Actinoptychus undulatus (Bail). Ralfs
Actinocyclus ehrenbergii Ralfs var. *tenella* (Breb.) Hust.
Rhizosolenia longiseta Zach.
Hemidiscus cuneiformis Wallech

2. PENNALES

- * *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kütz.
 * *T. flocculosa* (Roth.) Kütz.
 * *Meridion circulare* Ag.
 * *M. circulare* var. *constricta* (Raf.) v. H.
 * *Diatoma vulgare* Bory
 * *D. vulgare* var. *brevis* Grun.
D. vulgare var. *producta* Grun.
 * *D. vulgare* var. *grandis* (W. Sm.) Grun.
 * *D. elongatum* (Lyngbye) Ag.
 * *D. hiemale* (Lyngbye) Heiberg
 * *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grun.
D. anceps (Ehr.) Grun.

- Fragilaria capucina* Desmazières
F. harrissonii W. Sm.
* *F. construens* (Ehr.) Grun.
* *F. construens* var. *binodis* (Ehr.) Grun.
* *F. pinnata* Ehr.
F. pinnata var. *lancettula* (Schum.) Hust.
F. virescens Ralfs
F. virescens var. *elliptica* Hust.
F. virescens var. *capitata* Krasske
F. bicapitata A. Mayer
* *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Grun.
* *C. arcus* var. *amphioxys* (Rabh.) Hust.
* *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.
* *S. ulna* var. *oxyrhynchus* (Kütz.) v. H.
* *S. ulna* var. *contracta* Östrup
* *S. ulna* var. *impressa* Hust.
* *S. ulna* var. *biceps* (Kütz.) v. Schö.
S. acus Kütz.
* *S. acus* var. *angustissima* Grun.
S. rumpens Kütz.
S. rumpens var. *familiaris* (Kütz.) Grun.
S. rumpens var. *scotica* Grun.
S. affinis Kütz.
S. affinis var. *obtusa* Hust.
* *S. pulchella* Kütz.
* *S. pulchella* var. *lanceolata* O'Meara
* *S. pulchella* var. *lanceolata* fo. *constricta* Hust.
* *S. vaucheriae* Kütz.
* *S. vaucheriae* var. *truncata* (Greville) Grun.
* *S. vaucheriae* var. *capitellata* Grun.
S. parasitica (W. Sm.) Hust.
S. parasitica var. *subsconstricta* Grun.
Eunotia robusta Ralfs
E. robusta var. *tetraodon* (Ehr.) Ralfs
E. diodon Ehr.
* *E. praerupta* Ehr.
E. praerupta var. *inflata* Grun.
* *E. praerupta* var. *bidens* Grun.
E. arcus Ehr. var. *bidens* Grun.
E. trinacria Krasske
E. valida Hust.
E. tridentula Ehr. var. *perminuta* Grun.

- * *E. pectinalis* (Kütz.) Rabh.
- * *E. pectinalis* var. *minor* (Kütz.) Rabh.
- * *E. pectinalis* var. *minor* fo. *impressa* (Ehr.) Hust.
- * *E. pectinalis* var. *ventralis* (Ehr.) Hust.
- E. sudetica* (O. Müll.) Hust.
- E. veneris* (Kütz.) O. Müll.
- E. parallela* Ehr.
- * *E. lunaris* (Ehr.) Grun.
- E. lunaris* var. *subarcuata* (Naeg.) Grun.
- E. lunaris* var. *capitata* Grun.
- E. gracilis* (Ehr.) Rabh.
- E. monodon* Ehr.
- E. monodon* var. *maior* (W. Sm.) Hust. fo. *bidens* (W. Sm.) Hust.
- E. formica*
- * *Cocconeis pediculus* Ehr.
- * *C. placentula* Ehr.
- * *C. placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cl.
- C. placentula* var. *klinoraphis* (Ehr.) Cl.
- C. placentula* var. *linearis* Geitler
- C. diminua* Pant.
- C. disculus* Schum.
- C. scutellum* Ehr.
- Achnanthes exigua* Grun. var. *heterovalvata* Krasske
- A. lapidosa* Krasske
- * *A. lanceolata* Breb.
- * *A. lanceolata* var. *capitata* O. Müll.
- * *A. lanceolata* var. *rostrata* (Oestrup) Hust.
- A. lanceolata* var. *elliptica* Cleve
- A. lanceolata* var. *ventricosa* Hust.
- * *A. coarctata* Breb.
- A. brevipes* Ag.
- A. brevipes* var. *intermedia* (Kütz.) Cleve
- * *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun.
- Diploneis interrupta* (Kütz.) Cleve
- * *D. ovalis* (Hilse) Cleve
- * *D. ovalis* var. *oblongella* (Naeg.) Cleve
- * *D. elliptica* (Kütz.) Cleve
- Amphipleura pellucida* Kütz.
- * *Frustulia rhomboides* (Ag.) de Toni
- * *F. rhomboides* var. *saxonica* (Rabh.) de Toni
- F. rhomboides* var. *amphipleuroides* Grun.
- * *F. vulgaris* Thwaites

- * *Anomoeoneis sphaerophora* (Kütz.) Pfister
- * *Stauroneis phoenicenteron* Ehr.
- * *S. anceps* Ehr.
- * *S. anceps* fo. *gracilis* (Ehr.) Cleve
- * *S. anceps* fo. *linearis* (Ehr.) Cleve
- S. smithii* Grun.
- S. acuta* W. Sm.
- S. pygmaea* Krieger
- * *Navicula cuspidata* Kütz.
- * *N. cuspidata* var. *ambigua* (Ehr.) Cleve
- * *N. mutica* Kütz.
- N. mutica* var. *capitata* Oestrup
- N. mutica* var. *nivalis* (Ehr.) Hust.
- * *N. bacillum* Ehr.
- N. bacillum* var. *gregoryana* Grun.
- * *N. pupula* Kütz.
- * *N. pupula* var. *capitata* Hust.
- N. pupula* var. *elliptica* Hust.
- * *N. pupula* var. *rectangularis* (Gregory) Grun.
- N. pupula* var. *mutata* (Krasske) Hust.
- N. crucicula* (W. Sm.) Donkin
- N. protracta* Grun.
- * *N. cocconeiformis* Greg.
- N. pseudoscutiformis* Hust.
- * *N. cryptocephala* Kütz.
- * *N. cryptocephala* var. *veneta* (Kütz.) Grun.
- N. gothlandica* Grun.
- * *N. rhynchocephala* Kütz.
- * *N. viridula* Kütz.
- * *N. hungarica* Grun.
- * *N. hungarica* var. *capitata* (Ehr.) Cleve
- N. hungarica* var. *linearis* Oestrup
- * *N. cincta* (Ehr.) Kütz.
- N. cari* Ehr.
- * *N. radiosa* Kütz.
- * *N. gracilis* Ehr.
- N. peregrina* (Ehr.) Kütz.
- N. menisculus* Schum.
- N. laterostrata* Hust.
- N. dicephala* (Ehr.) W. Sm.
- N. placentula* (Ehr.) Grun.
- N. placentula* fo. *rostrata* A. Mayer

- * *N. gastrum* Ehr.
- * *N. exigua* (Greg.) O. Müll.
N. hasta Pant.
- * *N. oblonga* Kütz.
N. pygmaea
- * *Pinnularia leptosoma* Grun.
- * *P. subcapitata* Greg.
- * *P. subcapitata* var. *hilseana* (Janisch) O. Müll.
- * *P. interrupta* W. Sm.
P. interrupta fo. *minutissima* Hust.
- * *P. mesolepta* (Ehr.) W. Sm.
P. mesolepta fo. *angusta* Cleve
- P. polyonca* (Breb.) O. Müll.
- P. globiceps* Greg. var. *krookei* Grun.
- * *P. microstauron* (Ehr.) Cleve
P. microstauron fo. *biundulata* O. Müll.
- * *P. microstauron* var. *brebissonii* (Kütz.) Hust.
P. microstauron var. *brebissonii* fo. *diminuta* Grun.
P. legumen Ehr.
P. subsolaris (Grun.) Cleve
- * *P. divergens* W. Sm.
P. divergens var. *undulata* (Her. et Perag.)
P. episcopalis Cleve var. *elliptica* Pierre
P. lata (Breb.) W. Sm.
- * *P. borealis* Ehr.
- * *P. gibba* Ehr.
P. gibba fo. *subundulata* Mayer
P. gibba var. *mesogongyla* (Ehr.) Hust.
P. gibba var. *parva* (Ehr.) Grun.
- * *P. gibba* var. *linearis* Hust.
- * *P. stomatophora* Grun.
P. brevicostata Cleve
- * *P. acrosphaeria* Breb.
- * *P. maior* Kütz.
P. dactylus Ehr.
P. wernerii Pierre
- * *P. viridis* (Nitzsch) Ehr.
P. viridis var. *sudetica* (Hilse) Hust.
P. viridis var. *rupestris* (Hantzsch) Cleve
P. gentilis (Donkin) Cleve
P. nobilis Ehr.
P. streptoraphe Cleve

- Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve
C. permagna (Bail.) Cleve
C. pulchra Messikommer
* *C. bacillum* (Greg.) Cleve
C. silicula (Ehr.) Cleve
C. silicula var. *truncatula* Grun.
C. schumanniana (Grun.) Cleve var. *biconstricta* Grun.
Neidium bisulcatum (Lagerstedt) Cleve
N. bisulcatum fo. *undulata* O. Müll.
* *N. affine* (Ehr.) Cleve
* *N. affine* var. *amphirhynchus* (Ehr.) Cleve
N. affine var. *longiceps* (Greg.) Cleve
* *N. iridis* (Ehr.) Cleve
N. iridis fo. *vernalis* Reichelt
* *N. iridis* var. *amphigomphus* (Ehr.) v. H.
N. iridis var. *ampliata* (Ehr.) Hust.
* *N. productum* (W. Sm.) Cleve
N. dubium (Ehr.) Cleve
N. dubium fo. *constricta* Hust.
Gyrosigma acuminatum (Kütz.) Rabh.
G. attenuatum (Kütz.) Rabh.
G. kutzingii (Grun.) Cleve
* *G. spencerii* (W. Sm.) Cleve var. *nodifera* Grun.
G. scalproides (Rabh.) Cleve
G. scalproides var. *eximia* (Thwaites) Cleve
G. wansbeckii (Donkin) Cleve
Amphiprora alata Kütz.
A. ornata Bailey
Amphora commutata Grun.
* *A. ovalis* Kütz.
* *A. ovalis* var. *pediculus* Kütz.
Cymbella ehrenbergii Kütz.
* *C. naviculiformis* Auerswald
* *C. cuspidata* Kütz.
C. prostrata (Berkeley) Cleve
* *C. turgida* (Gregory) Cleve
* *C. ventricosa* Kütz.
* *C. gracilis* (Rabh.) Cleve
* *C. sinuata* Greg.
* *C. affinis* Kütz.
* *C. cymbiformis* (Kütz.) v. H.
* *C. cistula* (Hemprich) Grun.

- C. cistula* var. *maculata* (Kütz.) v. H.
 * *C. lanceolata* (Ehr.) v. H.
C. helvetica Kütz.
C. aspera (Ehr.) Cleve
 * *C. tumida* (Breb.) v. H.
 * *Gomphonema acuminatum* Ehr.
G. acuminatum var. *coronata* (Ehr.) W. Sm.
G. acuminatum var. *brebissonii* (Kütz.) Cleve
G. acuminatum var. *trigonocephala* (Ehr.) Grun.
G. augur Ehr.
G. augur var. *gautierii* v. H.
G. parvulum (Kütz.) Grun.
G. parvulum var. *subelliptica* Cleve
G. parvulum var. *micropus* (Kütz.) Cleve
 * *G. angustatum* (Kütz.) Rabh.
G. angustatum var. *producta* Grun.
G. angustatum var. *sarcophagus* (Greg.) Grun.
G. longiceps Ehr.
 * *G. longiceps* var. *subclavata* Grun.
G. longiceps var. *subclavata* fo. *gracile* Hust.
 * *G. lanceolatum* Ehr.
 * *G. gracile* Ehr.
G. gracile var. *lanceolata* (Kütz.) Cleve
G. constrictum Ehr.
G. constrictum var. *capitata* (Ehr.) Cleve
G. bohemicum Reichelt et Fricke
 * *G. olivaceum* (Lyngbye) Kütz.
 * *Epithemia argus* Kütz.
 * *E. zebra* (Ehr.) Kütz.
 * *E. zebra* var. *saxonica* (Kütz.) Grun.
 * *E. turgida* (Ehr.) Kütz.
E. turgida var. *granulata* (Ehr.) Grun.
 * *E. sorex* Kütz.
 * *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll.
 * *R. gibba* var. *ventricosa* (Ehr.) Grun.
 * *R. gibberula* (Ehr.) O. Müll.
 * *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.
H. amphioxys fo. *capitata* O. Müll.
Bacillaria paradoxa Gmel.
B. paradoxa var. *tumidula* Grun.
Nitzschia tryblionella Hantzsch
N. tryblionella var. *victoriae* Grun.

- N. tryblionella* var. *debilis* (Arnott) A. Mayer
 * *N. tryblionella* var. *levidensis* (W. Sm.) Grun.
N. apiculata (Greg.) Grun.
 * *N. hungarica* Grun.
N. angustata (W. Sm.) Grun. var. *acuta* Grun.
N. dubia W. Sm.
 * *N. thermalis* Kütz.
 * *N. thermalis* var. *minor* Hilse
 * *N. stagnorum* Rabh.
N. commutata Grun.
N. lacunarum Hust.
 * *N. linearis* W. Sm.
 * *N. recta* Hantzsch
 * *N. dissipata* (Kütz.) Grun.
N. acuta Hantzsch
N. macilenta Greg.
 * *N. amphibia* Grun.
N. subtilis Kütz.
 * *N. palea* (Kütz.) W. Sm.
N. paleacea Grun.
 * *N. sigmoidea* (Ehr.) W. Sm.
N. vermicularis (Kütz.) Grun.
N. sigma (Kütz.) W. Sm.
N. parvula Levis
N. obtusa W. Sm. var. *scalpelliformis* Grun.
N. ignorata Krasske
 * *N. acicularis* W. Sm.
 * *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm.
C. solea var. *gracilis* Grun.
 * *C. solea* var. *regula* (Ehr.) Grun.
C. solea var. *apiculata* (W. Sm.) Ralfs
C. elliptica (Breb.) W. Sm.
C. elliptica var. *nobilis* (Hantzsch) Hust.
 * *Surirella biseriata* Breb.
S. biseriata var. *bifrons* (Ehr.) Hust.
S. turgida W. Sm.
S. linearis W. Sm.
S. linearis var. *constricta* (Ehr.) Grun.
S. linearis var. *helvetica* (Brun) Meister
S. gracilis (W. Sm.) Grun.
 * *S. angustata* Kütz.
S. robusta Ehr.

- * *S. robusta* var. *splendida* (Ehr.) v. H.
- S. tenera* Greg.
- * *S. tenera* var. *nervosa* Mayer
- S. capronii* Breb.
- S. elegans* Ehr.
- S. ovalis* Breb.
- S. ovata* Kütz.
- S. ovata* var. *pinnata* (W. Sm.) Hust.
- S. ovata* var. *salina* (W. Sm.) Hust.
- S. patella* Kütz.
- S. striatula* Turpin.

IV. CHLOROPHYCÉES

1. VOLVOCALES

Volvox aureus Ehr.

2. CHLOROCOCCALES

Pediastrum boryanum (Turpin) Menegh.

P. constrictum Hassall

P. duplex Meyer

Scenedesmus bijugatus (Turpin) Kütz.

S. obliquus (Turpin) Kütz.

S. opoliensis Richter

S. quadricauda (Turpin) Breb.

3. ULOTHRICALES

Ulothrix zonata Kütz.

Ulothrix sp.

4. ULVALES

Enteromorpha intestinalis (L.) Link

5. CHAETOPHORALES

Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.

6. OEDOGONIALES

Oedogonium sp.

7. SIPHONOCCLADALES

Cladophora glomerata (L.) Kütz.

8. ZYGNEMALES

Mougeotia sp.

Zygnema sp.

Spirogyra sp.

Pleurotaenium trabecula (Ehr.) Naeg.

P. trabecula var. *maximum* (Reinsch) Roll

Closterium acerosum (Schrank) Ehr.

C. costatum Corda

C. ehrenbergii Menegh.

C. ehrenbergii var. *malinvernianum* (De Not.) Rabh.

C. juncidum Ralfs var. *brevior* (Ralfs) Roy.

C. lunula (Müll.) Nitzsch

C. malinvernianiforme Grönblad

C. moniliferum (Bory) Ehr.

C. pritchardianum Archer

C. pseudolunula Borge

C. rostratum Ehr.

C. striolatum Ehr.

C. striolatum var. *erectum* Klebs

C. tumidulum Gay

C. turgidum Ehr.

C. venus Kütz.

Micrasterias angulosa Hantzsch

Cosmarium sp.

BIBLIOGRAPHIE *

- Anonyme. 1949. Rapport de la Commission d'études techniques des inondations de décembre 1947 dans le Bassin lorrain. *Soc. Impress. Typograph., Nancy*.
- Anonyme. 1963. Le Hohneck. Aspects physiques, biologiques et humains. *Assoc. Philom. Alsace-Lorraine, Strasbourg*, 448 p.
- AFNOR. Association Française de Normalisation. Paris.
- ALLORGE (P.). 1920. Remarques sur la distribution des Algues dans la Haute-Maurienne. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 62, 78-90.
- ALLORGE (P.). 1921. Les Associations végétales du Vexin Français. *Rev. Gén. Bot.*, 33-34, 589-598.
- ARNDT (E.-A.), PANKOW (H.), KELL (V.). 1966. Ueber das Phytoplankton der Wismar-Bucht. *Internat. Rev. ges. Hydrobiol.*, 51, 1, 127-146.
- BALDENSBERGER (A.). 1925. La faune et la flore planctonique des lacs des Hautes-Vosges. I. Statistique préliminaire d'après les pêches faites en 1925. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, XIX, 151-176.
- BALDENSBERGER (A.). 1926. Ibid., II. Notes hydrobiologiques d'après les pêches faites en 1926 dans le Haut-Rhin. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, XX, 63-89.
- BALDENSBERGER (A.). 1927-28. Ibid., III. Notes hydrobiologiques d'après les pêches faites en 1927-28. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, XXI, 171-296.
- BATARD (C.). 1931-32. Notes sur le phytoplancton de la Mayenne. *Mayenne-Sciences*, 1-14.
- BOSSELER (G.). 1961. Contribution à l'étude algologique de la Meurthe en aval de Nancy. *D.E.S. Fac. Sc. Nancy*, 56 p.
- BOURRELLY (P.). 1966. Les Algues d'eau douce. I. Algues vertes. *N. Boubée et C^{ie}, Paris*, 511 p.
- BOURRELLY (P.). 1968. Les Algues d'eau douce. II. Chrysophycées, Xanthophycées et Diatomées. *N. Boubée et C^{ie}, Paris*, 438 p.
- BRUNOTTE (C.). 1896. Les marais salés de la vallée de la Seille au point de vue botanique. *Club Alpin Français. Bull. sect. vosgienne*, Nancy.
- BUGNON (F.), POINSOT (H.). 1963. Contribution à l'étude de la flore Bourguignonne. *Bull. Sc. Bourgogne*, 22, 35-45.
- CASTENHOLZ (R. W.). 1960. Seasonal changes in the attached algae of fresh-water and salines lakes in the Lower Grand Coulee, Washington. *Limnol. and Oceanogr.*, 5, 1, 1-28.
- CHODAT (R.). 1902. Matériaux pour la Flore Cryptogamique Suisse. Vol. 1, fasc. 3 : Algues vertes de la Suisse. *Berne*, 373 p.
- CHODAT (R.). 1913. Ibid., vol. 4, fasc. 2 : Monographie d'Algues en culture pure. *Berne*, 266 p.
- CHOLNOKY (B.J.). 1960. Beiträge zur Kenntnis der Oekologie der Diatomeen in dem Swartkops-bache nahe Port Elizabeth (Südost-Kaapland). *Hydrobiologia*, 16, 3, 229-287.
- CHOLNOKY (B.J.). 1960. The relationship between algae and the chemistry of natural water. *C.S.I.R. Reprint R.W.* n° 129, 215-225.

* Nota : Cet index reprend les références bibliographiques spécialisées parues dans nos publications antérieures.

- CHOLNOKY (B.J.), CLAUS (G.). 1961. Beiträge zur Kenntnis der Algenflora und der Oekologie der Diatomeen in dem Stausee Wemmershoek-dam nahe Kapstadt. *Oesterr. Bot. Zeits.*, 108, 4-5, 325-350.
- CHOLNOKY (B.J.). 1962. Ein Beitrag zu der Oekologie der Diatomeen in dem englischen Protektorat Swasiland. *Hydrobiologia*, 20, 4, 309-355.
- CHOLNOKY (B.J.). 1963. Beiträge zur Kenntnis der Oekologie der Diatomeen des Swakon-Flusses in Südwest-Afrika. *Revista de Biologia*, 3, 2-4, 233-260.
- CHOLNOKY (B.J.). 1965. Ueber die Oekologie der Diatomeen, des Goedereverwachting-Teiches und de Chrissie-Sees in Osttransvaal. *Arch. Hydrobiol.*, 61, 1, 63-85.
- CHOLNOKY (B.J.). 1966. Diatomeenassoziationen aus einigen Quellen in südwest-Afrika und Bechuanaland. *Nova Hedwigia*, 21, 163-244.
- CLAUS (G.). 1961. Monthly ecological studies on the flora of the Danube at Vienna in 1957-58. *Ass. internat. Limnol. théor. appl.*, "Trav.", Allem., 14, 1, 459-65.
- CLEVE (P.T.). 1894-95. Synopsis of the Naviculoid Diatoms. I. II. *K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 26-27, 2-3, 413 p.
- CLEVE-EULER (A.). 1951-55. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. I-V; *K. Sv. Vet-Akad. Handl.*
- COMERE (J.). 1906. Observations sur la périodicité du développement de la flore algologique de la région toulousaine. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 53, 391-407.
- COMERE (J.). 1913. De l'action du milieu considéré dans ses rapports avec la distribution générale des Algues d'eau douce. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 60, Mémoire 25, 95 p.
- COMERE (J.). 1929. Associations algologiques du pays toulousain et des Pyrénées centrales. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 58, p. 125 et suiv.
- CONRAD (W.), KUFFERATH (H.). 1954. Recherches sur les eaux saumâtres des environs de Lilloo. II. Partie descriptive. Algues et Protistes. Considérations écologiques. *Mém. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, 127, 1-346.
- CORNU (P.). 1939. Contribution à la flore algologique de la tourbière des Ténasses-Prantins (Vaud). *Thèse Fac. Sc., Lausanne*.
- COZETTE (P.). 1903. Catalogue des algues terrestres et d'eau douce du Nord de la France. *C.R. Cong. Soc. Sav., Bordeaux*, 253-328.
- CZEKANOWSKY. Cité d'après LEMÉE.
- CZURDA (V.). 1932. Die Süßwasser Flora Mitteleuropas von A. Pascher. Heft 9. Zygnemales. *Jena*.
- DAGOT (M^{lle} M.). 1962. Etude de la flore algale de la Seille de l'étang de Lindre à Moyenvic. *D.E.S. Fac. Sc., Nancy*, 35 p.
- DENIS (M.). 1924. Observations algologiques dans les Hautes-Pyrénées. *Rev. Algol.*, 1, 115-126.
- DENIS (M.). 1924. Observations algologiques dans les Hautes-Pyrénées. II. Observations sociologiques. *Rev. Algol.*, 1, 258-264.
- DIPPEL (L.). 1904. Diatomeen der Rhein-Maïnebene. Braunschweig, 170 p.
- DUSSART (B.). 1966. Limnologie. *Gauthier-Villars, Paris*, 677 p.
- ENGEL (L.). 1876. Contribution à l'histoire naturelle microscopique des eaux du département de Meurthe-et-Moselle. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 82-90.

- FIERDINGSTAD (E.). 1965. Taxonomy and Saprobic Valency of Benthic Phytomicro-organisms. *Internat. Revue ges. Hydrobiol.*, 50, 4, 475-604.
- FOGED (N.). 1960. Observations of the freshwater diatom flora in the neighbourhood of Tromsø in North Norway. *Acta Borealia* 16, 1-39.
- FOGED (N.). 1962. On the Diatom Flora in Interglacial Kieselguhr at Hollerup in East Jutland. *Geological Survey of Denmark*. II Séries, 84, 1-51.
- FOGED (N.). 1964. Freshwater Diatoms from Spitsbergen. *Tromsø Museums Skrif-ter*, vol. XI, Tromsø, 205 p.
- FLORENTIN (R.). 1899. Etude sur la faune des mares salées de Lorraine. *Thèse Fac. Sc., Nancy*.
- GAYRAL (M^{me} P.). 1954. Recherches phytolimnologiques au Maroc. *Thèse Sc. Nat., Paris*, 312 p.
- GAYRAL (M^{me} P.). 1958. La nature au Maroc. II. Algues de la Côte Atlantique Marocaine. *Rabat*.
- GEITLER (L.). 1932. Rabenhorst's Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. XIV Bd, Cyanophyceae. *Leipzig*.
- GEITLER (L.), PASCHER (A.). 1925. Die Süswasser Flora Mitteleuropas. Heft 12. Cyanophyceae. *Jena*.
- GEMEINHARDT (K.). 1938. Rabh. Krypt. Flora, XII Bd, Oedogoniales. *Leipzig*.
- GERMAIN (H.). 1935. Les lieux de développement et de multiplication des Diatomées d'eau douce. Contribution à l'écologie des Diatomées. *Thèse Fac. Sc., Bordeaux*, 200 p.
- GIORGINO (J.), KAMPMANN (F.). 1864. Matériaux pour une flore cryptogamique de l'Alsace. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, V. 113-146.
- GODRON (D.A.). 1843. Catalogue des Plantes cellulaires du département de la Meurthe. *Nancy*, 40 p.
- GOMONT (M.). 1908. Les Algues marines de la Lorraine. *Bull. Soc. Bot. Fr.*; 55, 29-36.
- HAMANT (C.). 1961. Les Marais salés de la Lorraine. *Le Monde des Plantes*, 331, 1p.
- HAMEL (G.). 1932. Chlorophycées des Côtes Françaises. *Rev. Algol.*, 6, 1-73.
- HAMEL (G.). 1941. Les Algues de la Nivelle maritime. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 88, 148-150.
- HAUCK (F.). 1885. Rabh. Krypt. Flora. II. Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs. *Leipzig*.
- HEERING (W.). 1914. Die Süswasser Flora Mitteleuropas. Heft 6. Chlorophyceae 3, *Jena*.
- HEERING (W.). 1921. *ibid.*, Heft 7. Chlorophyceae 4. *Jena*.
- HERFELD (F.). 1962. Recherches hydrobiologiques sur la Moselle entre Liverdun et Custines. *D.E.S. Fac. Sc., Nancy*, 64 p.
- HERIBAUD (J.). 1893. Les Diatomées d'Auvergne. *Clermont-Ferrand*, 232 p.
- HERIBAUD (J.). 1902. Les Diatomées fossiles d'Auvergne. 1^{er} Mémoire. *Clermont-Ferrand*, 66 p.
- HERIBAUD (J.). 1903. *ibid.*, 2^e Mémoire. *Clermont-Ferrand*, 155 p.
- HERIBAUD (J.). 1908. *ibid.*, 3^e Mémoire. *Clermont-Ferrand*. 70 p.
- HIRN (K.). 1900. Monographie und Iconographie der Oedogoniaceen. *Acta Soc. Scient. Fennicae*, 27, 1, 394 p.

- HUBAULT (E.). 1956. Etude des pollutions d'eaux libres : Méthodes chimiques, méthodes biologiques, test poisson. *Soc. Sc. Nancy*, conférence non publiée.
- HUBAULT (E.). 1957. La pollution de la Meurthe et plus particulièrement sa pollution organique. *Assoc. Inter-Usines du Bassin de la Meurthe, Rapp. Comm. Tech. Et. Eaux*.
- HUBER-PESTALOZZI (G.). 1938. Das Phytoplankton des Süßwassers, I-V, in « *Die Binnengewässer von Thienemann* », Bd XVI. *Stuttgart*.
- HUSTED (F.). 1924. Bearbeitung des Bacillariaceen Vegetation des Sarekgebirges. *Naturw. Untersuch. Sarekgeb. Bot.*, 3, 6, 523-626.
- HUSTED (F.). 1930. Die Süßwasser Flora Mitteleuropas von A. Pascher. Helf 10. Bacillariophyta. (Diatomeae). *Jena*.
- HUSTED (F.). 1937-39. Systematische und Oekologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra. *Arch. für Hydrobiol.*, suppl. 15-16.
- HUSTEDT (F.). 1949. Süßwasser-Diatomeen aus dem Albert-Nationalpark in Belgisch Kongo. *Inst. des Parcs Nationaux du Congo Belge, Bruxelles*, 139 p.
- HUSTEDT (F.). 1953. Die Systematik der Diatomeen in ihren Beziehungen zur Geologie und Oekologie nebst einer Revision des Halobien-Systems. *Sw. bot. Tidskr.*, 47, 4, 509-519.
- HUSTEDT (F.). 1957. Die Diatomeenflora des Flusssystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abh. naturw. Ver. Bremen*, 34, 3, 181-440.
- HUSTEDT (F.). 1959. Die Diatomeenflora des Salzlackengebietes im österreichischen Burgenland. *Osterr. Akad. Wissen. Math.-Naturw. Kl.*, 168, 4-5, 388-452.
- HUSTEDT (F.). 1930. Rabh. Kryptog. Flora, VII. Die Kieselalgen 1. *Leipzig*.
- HUSTEDT (F.). 1959. *Ibid.*, 2. *Leipzig*.
- HUSTEDT (F.). 1961 et suiv. *Ibid.*, 3. *Leipzig*.
- JOLY (H.). 1912. Géographie physique de la Lorraine et de ses Enveloppes. *Nancy*.
- JORGENSEN (E.G.). 1948. Cité d'après SYMOENS.
- JORGENSEN (E.G.). 1957. Diatom Periodicity and Silicon Assimilation. Experimental and ecological investigations. *Thèse, Copenhague*.
- KALBE (L.). 1963. Beitrag zur Kieselalgen-Flora der Tatragewässer. *Oesterr. bot Z.*, 110, 5, 489-497.
- KOLBE (R.W.). 1927. Zur Oekologie, Morphologie und Systematik der Brakwasser-Diatomeen. *Die Kieselalgen des Sperenberger Salzgebietes, Pflanzenforschung*, 7, *Jena*.
- KOLKWITZ (R.), KRIEGER (H.). 1941. Rabh. Krypt. Flora, XIII Bd., Abt. 2, Zygnemales. *Leipzig*.
- KOLKWITZ (R.) MARSSON (M.). 1908. Oekologie der pflanzlichen Saprobien. *Berl. D. Bot. Ges.*, 26, 505-519.
- KUFFERATH (H.). 1914. Notes sur la flore algologique du Luxembourg septentrional (districts calcaires et ardennais). *Ann. Biol. lacustre*, 7, 272-357.
- KUFFERATH (H.). 1914. Contribution à l'étude de la flore algologique du Luxembourg méridional. III. Diatomées. Conclusions relatives à la distribution des Algues. *Ann. Biol. lacustre*, 7, 359-388.

- KRIEGER (H.). 1937. Rabh. Krypt. Flora, XIII Bd, Conjugatae 1, Desmidiaceen 1. *Leipzig*.
- LAGADEC (M^{lle} F.). 1958. Recherches hydrobiologiques sur la Vilaine canalisée dans sa traversée de Rennes. *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, 33, 135-174.
- LAGADEC (M^{lle} F.). 1959. Contribution à l'étude de la répartition des Diatomées d'eau douce dans les Pyrénées. *C.R. 84^e Congr. Soc. sav.*, 531-541.
- LAGADEC (M^{mo} VERGER-LAGADEC F.). 1962. Recherches hydrobiologiques sur les étangs de la Double (Dordogne). II. La végétation algologique de quelques étangs de la Double. *C.R. 87^e Congr. Soc. sav.*, 1013-1024.
- LAGADEC (M^{mo} VERGER-LAGADEC F.), VILLERET (S.). 1963. Les Algues d'eau douce du massif de Neouvielle (Hautes-Pyrénées). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 98, 3-4, 501-519.
- LAKSHMINARYANA (L.S.S.). 1965. Studies on the phytoplankton of the River Ganges, Varanasi, India. *Hydrobiol., Pays-Bas*, 25, 1-2, 119-175.
- LAMBERT des CILLEULS (J.). 1924. Le phytoplankton de la Loire et de ses affluents de la région saumuroise. *Thèse Fac. Sc., Paris*.
- LAUTERBORN (R.). 1901. Beiträge zur Mikroflora und Fauna der Mosel. *Zeits. für Fischerei*, IX, 1-25.
- LE BRUN (P.). 1965. Oiseaux migrateurs et dispersion des plantes hygrophiles. *Le Monde des Plantes*, 384, 9-12.
- LEFEBURE (P.). 1947. Atlas pour la détermination des Diatomées. *Paris*.
- LEFEVRE (M.). 1925. Contribution à la flore d'Algues d'eau douce du Nord de la France. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 72, 689-699.
- LEFEVRE (M.), MANGUIN (E.). 1938. Sur la persistance pendant l'hiver d'Algues d'eau douce à l'état végétatif. *Rev. Gén. Bot.*, 50, 501-526.
- LEMAIRE (A.). 1880. Catalogue des Diatomées des environs de Nancy. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 5, 12, 77-86.
- LEMAIRE (A.). 1883. Liste des Desmidiées observées dans les Vosges. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1-25.
- LEMAIRE (A.). 1891. Diatomées de quelques lacs des Vosges. *Notarisia*.
- LEMAIRE (A.). 1894. Les Diatomées des eaux salées de Lorraine. *Le Diatomiste*, II, 7, 19, 133-139.
- LEMEÉ (G.). 1957. Précis de Biogéographie. *Paris*, Masson et Cie.
- LEMMERMANN (E.), BRUNNTHALER (J.), PASCHER (A.). 1915. Die Süßwasser Flora Mitteleuropas. Heft 5, Chlorophyceae 2. *Jena*.
- LUND (J.W.G.). 1945. Observations on soil Algae. I. The Ecology, Size and Taxonomy of British Soil Diatoms, part 1. *The new Phytologist*, 44, 196-219.
- LUND (J.W.G.), TALLING (J.F.). 1957. Botanical Limnology Methods with special Reference to the Algae. *The Bot. Rev.* 23, 8-9, 489-583.
- MADLER (K.). 1959. Biologische Untersuchungen über Verschmutzung und Selbstreinigung des Parthe. *Wiss. Zeitsch. der Karl-Marx Universität Math. Nat. Reihe*, 8, 97-116.
- MAILLARD (R.). 1959. Florule diatomique de la région d'Evreux. *Rev. Algol.*, 4, 256-274.
- MAILLARD (R.). 1961. Ibid., 1^{er} supplément. *Rev. Algol.*, 4, 240-246.
- MAILLARD (R.). 1962. Ibid., 2^e supplément. *Rev. Algol.*, 2, 112-116.
- MAILLARD (R.). 1962. Ibid., 3^e supplément. *Rev. Algol.*, 3, 159-161.

- MAILLARD (R.). 1964. Ibid., 4^e supplément. *Rev. Algol.*, 3, 260-263.
- MAILLARD (R.). 1966. Ibid., 5^e supplément. *Rev. Algol.*, 3, 217-224.
- MAILLARD (R.). 1967. Ibid., 6^e supplément. *Rev. Algol.*, 1, 28-32.
- MANGUIN (E.). 1933. Catalogue des Algues d'eau douce du canton de Fresnay-sur-Sarthe. *Bull. Soc. Agric. Sc. et Arts Sarthe*, LIII, 53 p, LIV, 39 p.
- MANGUIN (E.). 1941. Diatomées du plancton de la Marne à la Maltournée. *Cahier de la Commission du Bassin de la Seine*, 14-18.
- MANGUIN (E.). 1953. Notes sur quelques Diatomées rares ou nouvelles. *Oesterr. Bot. Z.*, 100, 4-5, 6 p.
- MANGUIN (E.). BOURRELLY (P.). 1954. Contribution à la flore algale d'eau douce des Iles Kerguelen. *Mém. Inst. Scient. Madagascar, Série B*, V, 1-58.
- MANGUIN (E.). 1960. Les Diatomées de la Terre Adélie, Campagne du « Cdt Charcot » 1949-1950. *Ann. Sc. nat., Botanique*, 12^e série, 1, 2, 223-364.
- MANGUIN (E.). 1960. Contribution à la flore diatomique de l'Alaska : Lac Karluk, espèces critiques ou nouvelles. *Rev. Algol.*, 5, 4, 266-288.
- MANGUIN (E.). 1962. Contribution à la connaissance de la flore diatomique de la Nouvelle Calédonie. *Mém. Museum Nation. Hist. Nat., B, Botanique*, 12, 1, 1-40.
- MANGUIN (E.). 1964. Contribution à la connaissance des Diatomées des Andes du Pérou. *Mém. Museum Nation. Hist. Nat., B, Botanique*, 12, 4, 41-98.
- MARGALEF (R.). Cité d'après ODUM.
- MAUBEUGE (P.-L.). 1950. Excursion du 25 juin 1950 dans le Saulnois. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 9, 3, 31-37.
- MAUBEUGE (P.-L.). 1950. Le bassin salifère lorrain. *Nancy*.
- MAUBEUGE (P.-L.). 1962. Les données actuelles sur l'extension du bassin salifère lorrain. *Bull. Soc. Lorr. Sc., Nancy*, 2, 1, 62-102.
- MAUBEUGE (P.-L.). 1963. Le bassin salifère lorrain. *Union des Naturalistes Enseignement Public, Journée d'Etude de Nancy*, 21-30.
- MESSIKOMMER (E.). 1963. Beitrag zur Kenntnis der Algenverbreitung in der Westschweiz. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Ges.*, 108, 1, 37-69.
- MIGULA (W.). 1907. Thomé's Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. VI. Kryptogamen Flora, II. Algen 1. *Gera*.
- MIGULA (W.). 1909. Ibid., II. Algen 2. *Gera*.
- MIGULA (W.). 1925. Die Süßwasser Flora Mitteleuropas. Heft II. Heterokontae. *Jena*.
- MILLS (F.-W.). 1933. An Index to the Genera and Species of the Diatomaceae and their Synonyms. 1816-1932. *London*.
- MOLDER (K.). 1943. Studien über die Oekologie und Geologie der Boden-Diatomeen in der Pojo-Buch. *Ann. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo*, 18, 2, 202 p.
- MOUGEOT (J.B.), NESTLER (C.), SCHIMPER (W.-P.). 1843. Stirpes cryptogamae Vogeso-Rhenanae quas in rheni superioris inferiorisque, nec non vogesorum praefecturis. *Bruyères*.
- MOUGEOT (J.-B.), NESTLER (C.), SCHIMPER (W.-P.). 1852. Liste des espèces d'Algues récoltées ou observées autour de Remiremont jusqu'au 1^{er} janvier 1853 par J.-F. Demangeon. *Ann. Soc. Emul. Vosges*, 8, 166-172.

- MOUGEOT (J.-B.), NESTLER (C.), SCHIMPER (W.-P.). 1856. Notice sur les 13^e et 14^e centuries des stirpes cryptogamae Vogeso-Rhenanae. *Nancy*.
- MOUGEOT (J.-A.), ROUMEGUERE (C.). 1887. La Flore des Vosges. Algues. *Epinal*, 88 p.
- NAUMANN (E.). 1932. Grundzüge der regionalen Limnologie. *Stuttgart*.
- NISBET (M^{lle} M.). 1958. Aperçu chimique sur quelques ruisseaux des Vosges : le Rabodeau et ses affluents. *Ann. Stat. Centr. Hydrobiol. appl.* 7, 1, 293-284.
- NYGAARD (G.). 1949. Hydrobiological studies on some danish ponds and lakes. Part II : The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *D. Kgl. Kong. Dansk. Vidensk. Sels.*, 7, 1, 293 p.
- ODUM (E. P.). 1959. Fundamentals of Ecology, 2d ed. *Philadelphia, Saunders*.
- ODUM (E. P.). 1963. Ecology. *Modern Biology Series*.
- OLTMANN (F.). 1923. Morphologie und Biologie der Algen. *Jena*.
- PANKOW (H.). 1965. Beitrag zur Algenflora Mecklenburgs. *Wiss. Zeits. Universität Rostock Math. Natur. Reihe*, Heft 1, 35-39.
- PANKOW (H.). 1965. Beitrag zur Kenntnis der Kieselalgenflora der Peene. *Arch. f. Hydrobiol.*, 61, 2, 205-214.
- PASCHER (A.). 1927. Die Süßwasser Flora Mitteleuropas. Heft 4. Volvocales. Phytomonadines. *Jena*.
- PASCHER (A.). 1939. Rabb. Krypt. Flora, XI Bd. Heterokonten. *Leipzig*.
- PATOU (M^{lle} C.). 1962. Etude de la flore algale de quelques marais salés de Lorraine. *D.E.S. Fac. Sc. Nancy*, 44 p.
- PATRICK (R.), REIMER (C. W.). 1966. The Diatoms of the United States. *Philadelphia*.
- PERAGALLO (H.), PERAGALLO (M.). 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. *Tempère, édit.*
- PERAGALLO (H.), PERAGALLO (M.). 1888. Diatomées de la Baie de Villefranche. *Mém. Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*.
- PERAGALLO (M.). 1923. Les Diatomées saumâtres des salines de Chambrey (Lorraine). *Bull. Assoc. Philom. Alsace-Lorraine*, 6, 5, 247-255.
- PETIT (P.). 1888. Diatomées observées dans les lacs des Vosges. *Feuilles des Jeunes Naturalistes*.
- PIERRE (J. F.). 1961. Sur la présence de Diatomées halophiles dans la Meurthe. *C.R. Acad. Sc.*, 253, 1114-1115.
- PIERRE (J. F.). 1962. Recherches hydrobiologiques sur la Meurthe en amont de Nancy. *Bull. Soc. Lorr. Sc.*, 3, 52-61.
- PIERRE (J. F.). 1963. Un aspect de la florule diatomique de l'étang d'Haspelschiedt. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sc.*, 3, 2, 80-82.
- PIERRE (J. F.). 1965 a. Quelques Diatomées marines des eaux douces et continentales de Lorraine. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sc.*, 5, 1, 17-20.
- PIERRE (J. F.). 1965 b. Aperçus récents sur la recherche algologique en Lorraine. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sc.*, 5, 3, 53-88.
- PIERRE (J. F.). 1965 c. Deux nouvelles Pinnulaires de Lorraine. *Rev. Algol.*, 1, 50-51.
- PIERRE (J. F.). 1966 a. Le genre Enteromorpha dans les eaux saumâtres de Lorraine. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sc.*, 6, 1, 31-34.

- PIERRE (J. F.). 1966 b. Deux siècles de recherches sur la systématique et l'écologie des Algues de Lorraine. *Bull. Acad. Soc. lorr. Sc.*, 6, 2, 127-134.
- PIERRE (J. F.). 1967. Recherches hydrobiologiques sur la Meurthe. Systématique et Ecologie de la Flore algale. I. Essais des Eaux. *Bull. Acad. Soc. lorr. Sc.*, 6, 3, 194-208.
- PIERRE (J. F.). 1968 a. *ibid.*, II. Analyse et Dynamique d'une population de Diatomées *Bull. Acad. Soc. lorr. Sc.* 7, 1, 64-81.
- PIERRE (J. F.). 1968 b. *ibid.*, III. Les Algues non siliceuses. *Bull. Acad. Soc. lorr. Sc.*, 7, 2, 150-164.
- PIERRE (J. F.). 1968 c. Etude expérimentale du comportement in situ d'une population diatomique maintenue en enceinte dialysante. A l'impression, *Hydrobiologia, Pays-Bas*.
- PIERRE (J. F.). 1968 d. Sur quelques Cyclotelles à contour elliptique. A l'impression, *Rev. Algol.*
- PIERRE (J. F.). 1968 e. Répartition des Algues dans quelques formations saumâtres de Lorraine. A paraître, C. R. 87^e Congrès A.F.A.S., Nancy
- POUCQUES (M^{lle} M. L. de). 1953. Contribution à la flore algale de Lorraine. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 12, 2, 66-76.
- POUCQUES (M^{lle} M. L. de). 1955. Nouvelle contribution à l'étude de la flore algale de Lorraine : les étangs de la forêt de la Reine. *Rev. Algol.*, 12 p
- POURRIOT (R.). 1966. Métabolites externes et interactions biochimiques chez les organismes aquatiques. *Année Biol.*, 5, 7-8, 337-374.
- PRESCOTT (G. W.). 1954. How to know the Freshwater Algae. *Dubuque*.
- PROCTOR (V. W.), MALONE (C. R.). 1965. Further évidence of the passive dispersal of small aquatic organisms via the intestinal tract of birds. *Ecology, U.S.A.*, 46, 5, 728-729.
- PRUDENT (P.). 1906. Contribution à la flore diatomique des lacs du Jura. *Ann. Soc. Bot. Lyon*, 31, 54-55.
- RAO (C. B.). 1965. On the distribution of algae in a group of six small ponds. *Journ. Ecol.*, 43, 291-308.
- ROESCH (C.). 1927. Contribution à l'étude des Diatomées des eaux saumâtres de Lorraine. *Bull. Assoc. Philom. Alsace-Lorraine*, 7, 3, 162-166.
- ROUSSARD (M^{lle} M.). 1965. Etude de la Flore algologique de la moyenne et de la basse Seille. *D.E.S. Fac. Sc. Nancy*, 73 p.
- REDEKE (H. C.). Cité d'après HUSTEDT, 1957.
- REIMER (C. W.). 1961. Some Aspects of the Diatom Fora of Cabin Creek Raised Bog, Randolph Co., Indiana. *Proc. Indiana Acad. Sc.*, 71, 305-319.
- REIMER (C. W.). 1962. Environmental requierements of plancton algae and their effects on water quality. *Biol. Problems in water pollution*, 3^e Séminaire, 19-28.
- SAVOURE (B.), VILLERET (S.). 1957. Recherches sur l'autoécologie de quelques Desmidiées acidophiles. *C. R. Soc. Biogéogr.*, 295, 34-39.
- SAVOURE (B.), LE COHU (R.). 1965. Contribution à l'étude de la flore algologique des Pyrénées. II. Les Algues de quelques suintements rocheux du massif de Néouvielle (Htes-Pyrénées). *Ann. Limnol., Fr.*, 1, 3, 469-482.

- SCHMIDT (A.). 1874 et suiv. Atlas der Diatomaceenkunde, forgesetzt von Schmidt M., Fricke F., Muller O., Heiden H. und Hustedt F. *Leipzig*.
- SCHUURMANS-STECKHOVEN (J. H.). 1961. An investigation of the planctonic population of diatoms of the Zandkreek during the period march 1959 to march 1960. *Acta bot. neerl.*, 10, 3, 320-326.
- SIMONSEN. Cité d'après ARNDT.
- SYMOENS (J. J.). 1951. Esquisse d'un système des associations algales d'eau douce. *Assoc. Internat. Limnol. theor. appl., Trav.*, 11, 395-408.
- SYMOENS (J. J.). 1954. Les principales associations algales des eaux courantes de l'Ardenne et des régions voisines. 8^e Congrès Internat. Bot., section 17, Paris, 166-167.
- SYMOENS (J. J.). 1957. Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines : les milieux et leur végétation algale. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 89, 111-314.
- SYMOENS (J. J.). 1960. Contribution à la flore algale de l'Ardenne et des régions voisines. *Bull. Jard. Bot. de l'Etat, Bruxelles*, 30, 2, 115-246.
- SYMOENS (J. J.). 1964. Un siècle de recherches belges sur la floristique et l'écologie des Algues. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 95, 2, 153-191.
- THIENEMANN (A.). 1918. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. *Arch. f. Hydrobiol.*, 12, 1.
- VAN DER WERFF (A.). 1961. Beitrag zur ökologie der Diatomeen aus dem Bollart-Ems- Gebiet. *Ass. Internat. Limnol. theor. appl., Trav., Allem.*, 14, 1, 481-485.
- VAN DER WERFF (A.), HULS (H.). 1961 et suiv. Diatomeenflora van Nederland. *De Hoef. Nederl.*
- VAN HEURCK (H.). 1896. Synopsis des Diatomées de Belgique. *Anvers*, 355 p.
- VALINKANGAS (I.). Cité d'après HUSTEDT 1957.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1958. Etudes limnologiques en Belgique. I. Trois étangs en Flandre occidentale. *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 34, 17, 1-11.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1958. Etude hydrobiologique des eaux saumâtres de Belgique. I. L'Escaut à Liefkenshoek (Doel). *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 34, 4, 1-60.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1958. *ibid.*, II. Trois étangs d'eau saumâtre des environs d'Ostende. *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 34, 37, 1-12.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1958. *ibid.*, III. Les étangs Galgenweelen à Anvers. *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 34, 43, 1-20.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1960. *ibid.*, IV. Les criques au Nord de la Province de Flandre orientale (période 51-58). *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 36, 38, 1-86.
- VAN MEEL (L. I. J.). 1963. *ibid.*, V. Les eaux saumâtres de Nieuport. Période 1950-1951. *Bull. Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, 39, 21, 1-92.
- VENTZ (D.). 1962). Ueber die Einordnung der Kieselalge *Nitzschia sigmaidea* W. Sm. in das Saprobien-system. *Wasserwirtsch. Wassertechn., Dtsch.*, 12, 1, 28-31.
- VILLERET (S.). 1954. Contribution à la Biologie des Algues des tourbières à Sphaignes. *Bull. Soc. scient. Bretagne*, 29, 1-246.
- VILLERET (S.). 1954. La végétation algale de la tourbière de Nesnay en Plouénour (Finistère). *Bull. Soc. scient. Bretagne*, 29.

- VILLERET (S.). 1958. Recherches hydrobiologiques sur les étangs calcaires de la forêt de Haute-Sève (I.-et-V.). *Bull. Soc. scient. Bretagne*, 33, 65-69.
- VILLERET (S.). 1962. Les problèmes de la sociologie des Algues d'eau douce. *C. R. 86^e Congr. nation. Soc. Sav., Montpellier, sect. Sci.*, 483-487.
- VILLERET (S.). 1965. Quelques problèmes d'écophysiologie des végétaux aquatiques (Algues). La sexualité. *Bull. Soc. Franç. Physiol. végét.*, 11, 4, 287-298.
- VOIGT (M.). 1942. Les Diatomées du parc de Kou-Ka-Za dans la concession française de Shanghai. *Musée Heude. Notes de Botanique chinoise*, 3, 1-125.
- VOIGT (M.). 1943. Notes sur quelques espèces chinoises du genre *Cymbella*. *Musée Heude, Notes de Botanique chinoise*, 5, 1-51.
- WERNER (R. G.). 1949. Contribution à l'étude algologique de quelques rivières Marocaines. *Le Botaniste*, 34, 367-374.
- WERNER (R. G.), DEL VILLAR (H.). 1952. Contribution à l'étude écologique et hydrobiologique du Rharb. *Bull. Inst. Hyg. Maroc*, 12, 1-2, 15-53.
- WERNER (R. G.), 1959. La microflore du Frankental dans le massif du Hohneck (Vosges Centrales). *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 379-384.
- WERNER (R. G.), 1960. Diatomées marines vivant en eau douce continentale. *C. R. Acad. Sc.*, 251, 413-415.
- WERNER (R. G.), REMY (P.), WIDERKEHR (L. P.). 1966. Etude hydrobiologique de la Fecht (Haut-Rhin). *Turckheim*.
- WOOD (E. J. F.). 1963. A study of the diatom flora of fresh sediments of the south Texas bays and adjacent waters. *Publ. Inst. marin. Sc. Texas*, 9, 237-310.
- WOOD (E. J. F.), OPPENHEIMER (C. H.). 1965. Quantitative aspects of the unicellular algal population of the Texas bay systems. *Bull. mar. Sc.*, 15, 3, 571-588.
- WOOD (E. J. F.). 1966. A phytoplankton study of the Amazon region. *Bull. mar. Sc.*, 16, 1, 102-123.
- WUITNER (E.). 1921. Encyclopédie pratique du Naturaliste. VII. Les Algues marines des Côtes de France. *Paris*.

DEUXIEME THESE :

Application des Méthodes d'Immunoélectrophorèse
à la Biologie et à la Chimiotaxinomie des Algues

Vu, approuvé et permis d'imprimer :

Nancy, le 29 juin 1968

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

J. AUBRY

Cet exemplaire est imprimé
à des fins particulières
et ne peut en aucun cas être vendu

Achevé d'imprimer le 24 janvier 1969
à Nancy, sur les presses de l'Imprimerie Vagner

Dépôt légal n° 807. - Faculté des Sciences, Editeur
1^{er} trimestre 1969

